****Volumen extra

Colaborador del Instituto de Física Teórica dirigido por Niels Bohr e inventor de la expresión «fisión nuclear», OTTO R. FRISCH (1904-1979) fue uno de los grandes físicos de nuestro siglo. DE LA FISION DEL ATOMO A LA BOMBA DE HIDROGENO no es sólo un fragmento de la historia de la ciencia, sino también un relato autobiográfico interesado por otras dimensiones de nuestra época y amenamente ilustrado con semblanzas, fotografías y dibujos de grandes figuras contemporáneas: Albert Einstein, Werner Heisenberg, Otto Hahn, Gustav L. Hertz, Otto Stern, Niels Bohr, Enrico Fermi, Robert Oppenheimer, Edward Teller, John von Neumann, etc. La sección dedicada a la etapa de Los Alamos, donde Frisch colaboró en la fabricación de la primera bomba atómica, es tal vez la más atractiva del volumen. Otras obras publicadas por Alianza Editorial: «Ciencia y conciencia en la era atómica» (LB 313), de Max y Hedwig Born; «Encuentros y conversaciones con Einstein» (LB 719), de Werner Heisenberg; «Biografía de la física» (LB 743), de George Gamow; «Cien preguntas básicas sobre la ciencia» (LB 663), «El electrón es zurdo» (LB 653) y «Momentos estelares de la ciencia» (LB 799), de Isaac Asimov; «La teoría de la relatividad» (AU 62), de Albert Einstein; «La nueva física» (AU 82), de John G. Taylor.

Cubierta: Daniel Gil

El libro de bolsillo Alianza Editorial

Otto R. Frisch De la física ...



Otto R. Frisch:

De la fisión del átomo a la bomba de hidrógeno

Recuerdos de un físico nuclear

El Libro de Bolsillo
Alianza Editorial
Madrid

Título original: *What little I remember*
Traductor: Miguel Paredes

Calle Milán, 38; ☎ 200 00 45
ISBN: 84-206-1895-0
Depósito legal: M. 14769-1982
Fotocomposición: EFCA, S. A.
Impreso en LAVEL. Los Llanos, nave 6. Humanes (Madrid)
Printed in Spain

Para mi hija Mónica,
que hizo que escribiera este libro.

Prefacio

¿Por qué escribí este libro? La respuesta es muy sencilla. Todo viene del día en que cumplí 70 años, cuando veintitantos de mis antiguos alumnos, muchos de ellos acompañados de sus esposas, dieron una cena en mi honor en el Trinity College de Cambridge. Como es de rigor, tuve que pronunciar el consabido discurso, que fue una somera autobiografía comprimida en veinte minutos y de carácter anecdótico en su mayor parte. Varias personas me animaron después a que escribiera un libro con todas las historias que narré en aquella ocasión, y una de las que más me insistieron fue mi hija; así que puse manos a la obra. Mi primer impulso, el de escribir las anécdotas a palo seco, una detrás de otra, vi enseguida que no tenía ni pies ni cabeza: había que hilvanarlas de alguna manera. Empecé entonces por mis padres y mi infancia y narré alguna que otra historia interesante; de allí continué con el resto de mi carrera, incluyendo todas las anécdotas que recordaba, sobre todo si tenían que ver con alguna de las grandes personalidades que he conocido, como podrían ser Einstein, Stern y Bohr.

No poseo la memoria total que conviene al buen autobiógrafo, y jamás he llevado tampoco un diario. He vivido siempre en el presente y recordado tan sólo aquello que se me antojaba digno de volver a contar. Incluso ese don lo he perdido ya hoy en gran parte, y cuando intento evocar recuerdos más recientes resulta que son más escasos y menos claros que los de mi juventud; lo cual, con ser natural, bastó para convencerme de que tenía que interrumpir mis anécdotas hacia la época en que me establecí en Cambridge, hace casi treinta años. Por aquel entonces sucedieron allí muchas cosas interesantes: yo estaba allí, por ejemplo, cuando Perutz, Crick, Watson y otros ralizaron los interesantísimos trabajos que aclararon la estructura de las moléculas de proteína y los genes hereditarios, la sustancia misma de la vida inmortal. Sin embargo, me avergüenza confesar que de todo aquello recuerdo muy poco; parece ser que por aquella época estaba yo, más que otra cosa, irritado contra aquellos amigos biólogos que de cuando en cuando me secuestraban al técnico de instrumental durante varios días.

Por otro lado, nunca deja de ser un tanto peligroso el escribir sobre cosas no demasiado lejanas. Muchas de las personas aludidas viven todavía y podrían ofenderse por esto o por aquello, y aunque uno puede, naturalmente, demostrarles lo que ha escrito (cosa que he llegado a hacer), el asunto se complica cuando nos acercamos al presente. La época de Cambridge fue un pasaje muy interesante de la historia del Laboratorio Cavendish; pero en gran parte la han narrado ya otros autores, y estoy seguro de que se escribirá mucho más en el futuro. De manera que, pese a haber vivido allí durante treinta años, no me arrepiento demasiado de que el relato de mi vida en Cambridge sea fragmentario.

Jamás pensé que mi memoria fuese absoluta, eso ya lo he dicho; pero sí pensaba que podía confiar en ella, y en eso me he llevado más de un chasco. Un caso típico es el de un concierto que escuché en la Universidad Cornell en 1957 ó 1958. Estaba plenamente convencido de que había tocado la Orquesta de Cleveland, famosa por su virtuosismo; pero años más tarde encontré el programa del concierto y comprobé que había sido una orquesta muy diferente. Se me había metido en la cabeza que sólo la de Cleveland podía haber dado un concierto tan prodigioso. Presento, pues, mis excusas a todas aquellas personas que detecten imprecisiones y no les haya consultado, y les aseguro que aunque sólo fuese para poner orden en mi memoria me encantaría que me lo dijeran. Siempre me esfuerzo por contar las cosas del mismo modo todas las veces, pero aun así es posible —sobre todo tratándose de algo no narrado desde hace tiempo— que uno recuerde sólo la chicha y rellene equivocadamente los detalles.

Desde siempre me ha gustado sacar dibujos a lápiz de las personas. No son lo que se dice caricaturas, pero, como es lógico, tenían la intención de resaltar los rasgos característicos —una nariz grande o un mentón hundido—, así que no era raro que se deslizara cierta exageración. Es lo mismo que cuando escribo sobre alguna de las espléndidas personas que he conocido a lo largo de mi vida y, sin ánimo de caricaturizarlas, relato un par de anécdotas que resaltan alguna rareza suya; no es otra cosa que la técnica —igual que en los dibujos a lápiz— de exagerar ligeramente lo que creo es un rasgo divertido.

Huelga advertir que este libro no es un trabajo de historia. Otros hay con muchos más títulos que yo para describir los avatares que ha vivido el mundo a lo largo de mi vida. Ya dije que siempre he vivido en el aquí y ahora y que he visto poco de visiones más panorámicas. Mi propósito en este libro era el de revivir, de lo poco que recuerdo, algunos de los personajes que he conocido.

O. R. F.

Viena, 1904-1927

Moriz Frisch, mi abuelo por parte de padre, era un judío polaco de Galicia que se estableció en Viena y abrió un taller de imprenta en 1877. Por lo visto fue uno de los pioneros de la forma impresa. En aquellos días, los abogados tenían que dar empleo a un amanuense (o incluso a varios) que les escribieran con elegante escritura caligráfica los documentos, con esos encabezamientos que decían: «Habiéndose acordado entre Fulano de Tal...» y cosas por el estilo. Moriz Frisch hizo imprimir en letras caligráficas el texto principal, de manera que el amanuense sólo tenía que rellenar los nombres, señas y otros detalles específicos del contrato. Tal actividad le puso, naturalmente, en contacto con abogados, por lo cual no es raro que su hijo Justinian casara en 1902 con Auguste, hija de Philipp Meitner, abogado, jugador aventajado de ajedrez y librepensador con ambiciones políticas. Allí, en casa de los Meitner, conoció mi padre a algunas de las personas que luego intervendrían en la política austríaca. Más adelante diré muchas otras cosas sobre él.

Mi madre fue una preciosa niña de pelo negro, la segunda de ocho hermanos, pianista precoz que a los doce años había tocado en público, o en cualquier caso en alguna gran soirée de las ricas mansiones vienesas. Alfred Grünfeld, Emil von Sauer y Theodor Leschetitzky figuraron entre sus maestros, y también estudió composición y dirección de orquesta. Cuenta una historia que en cierta



El autor con su madre, hacia 1910.

ocasión en que uno de sus maestros la interrumpió repetidas veces mientras dirigía, se volvió hacia él exasperada y le dijo: «Señor, si vuelve a interrumpirme ¡me arrojo en medio de la orquesta!» y los jóvenes profesores exclamaron a una: «¡Sí, por favor!» A lo largo de sus estudios escribió algunas piezas de no escasa ambición —una fuga bastante buena, un fragmento de sinfonía y cosas parecidas—, pero sus mejores composiciones pertenecían al género ligero vienés y francés; uno de sus hermanos menores, Fritz, fue

autor de la mayoría de los libretos. No se conserva casi ninguno de los manuscritos, y como tampoco llegaron a publicarse, llevo la música en la cabeza y nadie más que yo la toca. Sobrevivieron algunas partes de una opereta y pienso que ciertos pasajes no desmerecen al lado de los de Franz Lehar o Leo Fall.

Cuando se casó mi madre, abandonó durante un tiempo el piano, viendo que no podía practicar y al mismo tiempo cuidarme y atender a mi padre, a quien le encantaba divertirse y no le faltaba dinero que gastar (aunque no duró mucho). Más adelante volvió a su instrumento, y en muchas ocasiones (después de hacerse de rogar) se sentaba y nos deleitaba con música de Chopin y sobre todo de Schumann, a quien interpretaba muy bien. Mucho más tarde, hacia el año 1931, intentó incluso reanudar su carrera de concertista y tocó el concierto de Schumann para



Lise Meitner (1878-1968), tía del autor. Albert Einstein la llamaba «la Madame Curie alemana», porque fue una de las pioneras en la investigación de la radiactividad. Nació en Austria, pero trabajó en Berlín desde 1907 hasta 1938.

la radio austríaca; pero su terror a los escenarios era tan grande, que jamás volvió a intentarlo.

La hermana que la seguía era Lise Meitner, que nació en 1878. A Lise la mangoneaban sus dos hermanas mayores y tenía que cuidar además de los otros cinco que venían detrás de ella, de modo que tuvo poco tiempo para ocuparse de vestidos y frivolidades. Desde muy pronto se sintió cautivada por la física y decidió estudiar la carrera; pero antes la obligó su padre a obtener el diploma de francés para, en caso de necesidad, poder mantenerse por su cuenta. Cumplido este requisito pudo prepararse para el examen de Matura (el equivalente del curso preuniversitario) que le permitiría ingresar en la universidad. Y esa preparación, que normalmente requería ocho años de escuela, la adquirió en dos, trabajando de firme. Sus hermanas y hermanos solían tomarla el pelo y decirle: «Lise, te van a suspender, acabas de pasearte por el cuarto sin estudiar.» Pero no suspendió; de catorce, sólo cuatro aprobaron el examen.

De mi infancia recuerdo muy poco. Por lo que cuentan, fui una especie de niño prodigio que sabía hablar, leer y hacer cuentas mucho antes que la mayoría. A los cinco años sabía multiplicar quebrados en la cabeza; o al menos eso dicen, porque yo no lo recuerdo. En 1914, con catorce años mal cumplidos, me matricularon en el Instituto, en el Gymnasium, como se le llama en Viena. El latín era obligatorio, y el griego durante los cuatro primeros años. El primero me encantaba y recuerdo haber leído a Tácito por pura diversión; me parecía que era un excelente corresponsal de guerra que informaba a Julio César de los incidentes en Germania. En griego casi suspendí, y si el suspenso no se consumó fue a veces por pura suerte. En cierta ocasión me sacaron en clase para que leyera y tradujera un fragmento de un texto griego; cuando acabé de leerlo y estaba tratando desesperadamente de adivinar qué demonios quería decir aquello, terció de pronto el profesor y dijo a la clase: «Muchachos, así es como debe leerse el griego. Así se lee cuando se entiende; puedes sentarte, Frisch, no hace falta que traduzcas.»

En general recuerdo poco de mis años de escuela. La Primera Guerra Mundial supuso malas comidas, preocupaciones por mis tíos y, lo peor de todo, el no poder comprar productos químicos para mis juveniles experimentos; por lo demás no me afectó (y a mi padre no le consideraron bastante fuerte para el servicio activo). No creo que me gustase la escuela ni que la detestara, aunque el último año estaba ya un poco impaciente por salir y hacer algo. A los doce años eran ya patentes mis dotes matemáticas y a partir de entonces no volví a salir a la pizarra, porque el profesor sabía que resolvería cualquier problema que se le ocurriese; y en mi penúltimo año llegué incluso a ayudar a los de la clase siguiente a aprobar sus exámenes (por medios confesables y no tan confesables).

Durante las clases más aburridas solía jugar al ajedrez, bajo el pupitre, con Hans Blaskopf, mi compañero de mesa. Los movimientos los anotábamos en un trozo de papel, que al cabo de un rato estaba lleno de borraduras y tachones. Una vez estaba deliberando yo la siguiente jugada con un resto de lápiz entre los dientes, cuando de pronto se me escurrió gaznate abajo, antes de que pudiera detenerlo. Hans, tan imperturbable como siempre, se limitó a ofrecerme el suyo. Mi madre se mostró algo más preocupada y me llevó al médico, quien recetó una dieta de sauerkraut y patatas hervidas para allanar al lápiz su camino a lo largo de su tortuoso viaje. Al cabo de varios días reapareció, partido en dos a lo largo y sin mina, que se había consumido en pintar de negro mis entrañas.

Si recuerdo ese incidente es, sobre todo, porque casi me hizo perder la oportunidad de asistir a una conferencia divulgatoria que daba Einstein; me costó Dios y ayuda convencer a mi madre de que el lápiz no llegaría aún esa tarde. La conferencia se celebró en un salón muy grande y casi no llegué a ver ni oír a Einstein, pero para mí fue un gran acontecimiento. Poco después conocí a un chico que compartía ese interés y juntos nos pusimos a estudiar con gran celo la popular exposición que había escrito el propio Einstein sobre su teoría de la relatividad. El nombre del muchacho lo he olvidado y tampoco sé qué fue de él.

Fue a finales de mis años escolares, en 1922, cuando la inflación cayó sobre Austria. Sin revestir el carácter de gravedad que tuvo en Alemania, donde el valor del marco se reducía a la mitad dos veces por semana, tampoco se puede decir que fuese una bendición. Durante algunos meses di clases de matemáticas a un compañero a quien no le entraban los números, por lo cual tuve que inventar un sistema mnemotécnico de pequeños versos que tenía que aprenderse de memoria; con ese método y su buena memoria despachó el examen con mejor fortuna de lo que esperábamos. Sus padres me mostraron su agradecimiento doblando los honorarios previamente convenidos; tuve guardado el dinero en el bolsillo durante un par de semanas y luego decidí comprar un lápiz, un vulgar lápiz de madera: el dinero no me daba para más.

En juegos y deportes nunca fui bueno, aunque era bastante esbelto y no tenía mal sentido del equilibrio; uno de mis números favoritos era coger los tranvías en marcha con ambas manos en los bolsillos; es raro, pero nunca salí mal parado. Probé suerte con el esquí, pero no tenía bastante fuerza ni coraje; tras veinticinco años de practicarlo de higos a brevas, casi siempre en pistas de principiantes, lo dejé por imposible.

El único deporte que seguí practicando fue el tenis. Hacia el final de mis años de escuela fui uno de los seis (uno más, uno menos) miembros del comité de un club que formamos y que nos permitía jugar bastante al tenis de balde. Lo que hicimos fue alquilar una pista de uno de los grandes clubes por un año entero, con lo cual nos hicieron un precio muy bueno. Para recuperar ese dinero subarrendábamos la pista a otros aficionados que reclutábamos en un baile, a finales del invierno, para el cual alquilábamos por todo lo alto uno de los salones menores del viejo Palacio Imperial («die Hofburg») en Viena. En el transcurso del baile nos las ingeniábamos para impresionar a las jóvenes damiselas con nuestra pericia tenística y con las delicias de practicar este juego de reyes, y nos ofrecíamos desinteresadamente a enseñar a cualquiera que no supiese jugar o quisiera mejorar. (Yo daba normalmente «clases» to-

das las mañanas de siete a ocho.) Para cuando el baile decaía, ya a primeras horas de la madrugada, solíamos tener, no sólo una lista de nuevos miembros, sino hasta un proyecto de horario.

Hubo una vez que la cosa casi se torció. Yo me había disfrazado de Charlot, con unos pantalones muy largos, una chaqueta muy corta y el inevitable sombrero de hongo, que me estaba muy grande y se me caía todo el rato delante de los ojos. El papel me hacía sentirme rígido, porque no sabía qué voz poner: Charlie Chaplin, en aquellos tiempos del cine mudo, no hablaba. Al acabar el baile no hubo manera de hallar el papel con la lista de nombres y el proyecto de horario. Buscamos en los bolsillos, debajo de las sillas y por todos los rincones, pero no aparecía: todos nuestros esfuerzos echados a perder. Al final nos fuimos a casa, con la esperanza de que colgándonos del teléfono durante una semana quizá podríamos reconstruir la lista. Cuando llegué a casa y me quité el hongo, cayó al suelo un trozo de papel: allí estaba. Para impedir que el sombrero se resbalara la había metido allí.

Mi padre era un hombre de mucha gracia y no pocos conocimientos, a quien se le conocía en los círculos intelectuales vieneses por su grata compañía y por sus formidables dotes de *raconteur* con un arsenal inagotable de chistes de judíos y otras historias. Su memoria era fenomenal, y a lo largo de una serie de años publicó, él solo, una especie de enciclopedia por entregas llamada los «Catecismos A-B del Saber General». Cada cuadernillo de 16 páginas de pequeño formato daba cabida a cien preguntas y respuestas, con títulos como «Napoleón», «El Polo Norte», «Aviación», «Piedras preciosas», etc. Sólo hubo uno que tuviera que escribir yo, en 1935: el de «El átomo».

De la infancia de mi padre no sé nada. Fue a la Universidad de Viena y se doctoró en Derecho. Después vivió durante un tiempo a sus anchas viajando por Italia y pintando cuadros de hoteles. Cuando veía un hotel que le parecía prometedor, se sentaba y hacía un dibujo a la acuarela; normalmente no tardaba en aparecer por allí al-

gún huésped y al cabo de un rato el dueño. Si éste encomiaba la pintura, mi padre se la regalaba, y entre vaso y vaso de vino le convencía de que el establecimiento iría mucho mejor si editaba un atractivo prospecto que ensal-



Autorretrato de Justinian Frisch (1879-1949), padre del autor.

zara su magnífico emplazamiento y excelente cocina y resaltara su encanto con una reproducción de la acuarela. Si el hotelero aprobaba la idea, pero se confesaba ignorante de cómo hacerlo, mi padre dejaba caer modestamente que, por casualidad, él conocía un impresor que podía hacer el trabajo. Enviaba la acuarela a casa y allí se imprimía el prospecto, obteniendo un dinero que le permitía viajar hasta el siguiente hotel.

Su amor por Italia no tardó en llevarle a aspirar a un segundo doctorado, esta vez en historia del arte. Estudió muy en serio el Renacimiento y aún hoy muchos de los libros de mis estanterías dan fe de la amplitud de sus intereses y, en particular, de sus trabajos sobre los orígenes del palacio de Urbino, que fue el tema central de su tesis. La tenía ya escrita cuando un mal hado cayó sobre la familia: su padre se arruinó.

Moriz Frisch había sido siempre un hombre generoso, orgulloso de su gran barba, encanecida ya a los cincuenta años, y jamás preocupado por el dinero, que nunca había faltado en su casa. Había ayudado desinteresadamente a cualquiera que estuviera en apuros económicos y para él fue un golpe terrible cuando los acreedores empezaron a apremiarle y él vio que no podía pagarles.

Para mi padre, que heredó esas deudas, fue una lección imborrable: jamás derrochar el dinero. Durante el resto de su vida llevó la cuenta de cada céntimo que gastaba, y a veces se pasaba media tarde investigando la más mínima discrepancia entre los libros y el bolsillo. A mí intentó inculcarme el mismo hábito, pero sin resultados, y hasta la fecha sigo siendo poco mirado con el dinero. Por suerte siempre he ganado bastante para mis modestas necesidades.

Mi padre nunca llegó a obtener ese segundo doctorado; logró, eso sí, salvar la empresa, pero a costa de tomar como socios a personas que no eran de su agrado. Apenas las recuerdo; yo era muy pequeño y sólo se me ha quedado vagamente en la memoria las grandes prensas, las más modernas de su tipo, pero antiquísimas, claro, comparadas con las de ahora. El taller estaba a un largo trayecto de tranvía desde casa y fui muy pocas veces allí. Las desavenencias con los socios alcanzaron su punto crítico pocos años más tarde; mi padre vendió su parte, pero la firma conservó el nombre de Frisch Co., para posterior bochorno de mi padre, cuando descubrió que parte del negocio era de pornografía. Por fortuna, todos los amigos de mi padre sabían que había roto hacía mucho con la empresa.

De la villa en las afueras de Viena donde vivimos al principio no recuerdo nada; hubo que venderla cuando yo andaba todavía a gatas y nos trasladamos al centro de la ciudad, a un tercer piso de uno de esos feos bloques en que vive buena parte de la población vienesa. Mi dormitorio, más bien angosto, daba a una claraboya; por ninguna parte se veían árboles ni hierba y el parque más cercano (¡prohibido pisar el césped!) estaba casi a medio kilómetro.

Mi padre consiguió un empleo en la casa editorial e impresora más grande de Viena (la Waldheim-Eberle A. G.) y en pocos años llegó a ser el director. Pero en 1924 cambió de manos la empresa y mi padre tuvo que marcharse. Durante los doce años siguientes tuvo empleos muy variados. En 1931 fundó, junto con un joven dibujante y excelente fotógrafo, una empresa de publicidad; el negocio era arriesgado, y aunque fue él quien lanzó algunos de los slogans más famosos que se veían en los carteles y periódicos, los ingresos eran muy modestos. Por eso se alegró mucho cuando en 1936 le ofrecieron trabajar de técnico en una editorial llamada Bermann-Fischer. El propietario, el señor Bermann, era yerno de S. Fischer, presidente de una de las grandes editoriales alemanas, y había agregado su nombre al de la empresa para resaltar ese vínculo. En su lista tenía algunos de los mejores escritores alemanes: Thomas Mann, Franz Werfel, Carl Zuckmayer, Stefan Zweig, etc. Un buen lugar para trabajar. Mi padre aportó su experiencia en el arte de la impresión, su profundo conocimiento de los tipos de imprenta y su escogido gusto, y ayudó a Bermann-Fischer a publicar libros muy apreciados por lo distinguido de su aspecto.

A mi padre le debo mucho, y no sólo genéticamente. Se había casado joven y para mí fue, por tanto, un buen compañero durante mi adolescencia, en los paseos por el campo y en excursiones más largas. Yo, que era un niño bastante sensible, prorrumpí una vez en llanto cuando me preguntó por qué estaba decapitando cardos, que tenían el mismo derecho a vivir que yo. Otra tarde cálida de primavera recolecté como una docena de escarabajos que dormitaban en las ramas y los metí en un cucurucho de papel; mi padre no objetó nada. Al llegar a casa contemplamos cómo esos grandes escarabajos pardos se despertaban y empezaban a moverse al calor y la luz del hogar. Pero estaban enredados en una imposible maraña de patas; cada vez que uno intentaba escapar le retenía otro. Finalmente, hubo uno que logró desembarazarse y empezó a trepar lentamente por la leve pendiente del papel; conteniendo la respiración le observamos avanzar con toda cautela, sin

mover nunca una pata antes de asegurar las otras cinco. Tardó varios minutos en remontar los cinco centímetros que le separaban del borde; luego descansó un rato antes de abrir las alas y salir zumbando por la ventana a la libertad de la noche. La sensación que tuvimos fue la de haber visto a un héroe despegarse de la multitud adocenada y abrirse camino, en lucha con toda suerte de obstáculos, hacia la libertad. Aquello me sirvió más que cien sermones sobre la dignidad y libertad humanas. Sin decir palabra, vacié el cucurucho en el quicio de la ventana.

Mi padre tenía un gran sentido de la rectitud. No era religioso en el sentido habitual de la palabra e incluso se oponía a cualquier forma de religión organizada; pero, por su profundo respeto a la vida, podía haber sido budista, y de hecho le interesaron siempre mucho los escritos de Buda. Recuerdo una ocasión en que me dejó perplejo al decirle a una visita que yo sabía pali, lo cual naturalmente no era cierto. Abrió entonces un ejemplar de los sermones de Buda en versión original, un libro que había traído la visita, y señalando las tres primeras palabras de un capítulo me preguntó qué querían decir. El cálculo de mi padre era correcto: hacía poco había ojeado yo una traducción alemana de esos discursos y sabía que todos los capítulos empezaban con las mismas palabras; así que, con toda confianza, dije que «Eram me satam» quería decir «Esto he oído». La visita, por fortuna, no siguió examinándome de pali.

Fue mi padre quien despertó en mí el interés por las matemáticas, por las matemáticas de verdad, no por la aritmética. Cuando tenía diez años me inició en las coordenadas cartesianas: dibujó dos rectas perpendiculares sobre un papel y me dijo cómo asignar dos números (coordenadas) a cualquier punto, llamando x a la distancia desde la recta vertical e y a la distancia a la horizontal. Cualquier ecuación que relacionara x con y representaría entonces todo un conjunto de puntos, concretamente una curva. Al día siguiente volví con la ecuación de la circunferencia: $x^2 + y^2 = r^2$ (pero confieso que tardé tres semanas en hallar la de la recta).

Hacia los doce años me inició en la trigonometría. Todavía veo su cara de asombro cuando, tras definir el seno y el coseno, escribió en el papel (esperando sorprenderme) la ecuación $\cos^2 x + \operatorname{sen}^2 x = 1$ y yo le dije «¡pero si eso es evidente!». Y cuento esta anécdota, no para dármelas de nada, sino para indicar un don que tenía muy desarrollado: la rapidez. No creo que tenga una mente original, pero por lo común era capaz de ver enseguida las conexiones lógicas y dar el siguiente paso antes que los demás.

Uno de mis tíos (Rudolf Allers, filósofo y miembro del Círculo de Viena) me presentó a Olga Neurath, una mujer muy notable. Años atrás, cuando era una brillante estudiante de matemáticas, se había visto afligida por terribles dolores de cabeza, con pérdida gradual de la vista. Se sospechaba que fuese un tumor de cerebro, pero después de perder por completo la vista desaparecieron los dolores; así, invidente, vivió luego muchos años. Los jóvenes matemáticos de Viena la adoptaron como una especie de madre comunal. La leían en alta voz y la acompañaban cuando salía a la calle, a cambio de lo cual ella les daba clases de matemáticas; y era una maravilla ver con qué facilidad resolvía cálculos muy complejos en la cabeza. Encendía su pipa sin ayuda ajena y siempre ponía luego la mano sobre la cerilla para cerciorarse de que la había apagado bien.

Cuando me la presentaron tenía yo unos dieciséis años, y aprendí mucho de ella. Por aquel entonces había calculado yo la distancia focal de un espejo cóncavo valiéndome de un truco que me parecía muy interesante: de hecho había descubierto por mi cuenta los rudimentos del cálculo diferencial. Un año antes de dar esta asignatura en la escuela (o quizá más) me enseñó la manera de resolver sistemáticamente problemas de esta índole, y me lo enseñó de una forma mucho más interesante (por el modo de guiar mi mente) que el de la educación convencional. Me inició asimismo en las ideas de la geometría en cuatro dimensiones, que me entusiasmaron: en cuestión de semanas hallé las propiedades de todos los poliedros regulares en cuatro dimensiones. El más complicado de ellos, que

consiste en 120 pentágonododecaedros, me llevó varios días de preparación y luego dos horas de concentración ininterrumpida, que me valieron el primer dolor de cabeza de mi vida. Visualizar objetos en el espacio no es una de mis aptitudes naturales (pertenezco más bien al tipo auditivo y me es mucho más fácil cantar mentalmente una melodía que visualizar un rostro o una escena conocida), de manera que aquellos meses de idilio con la geometría cuadridimensional fueron un excelente entrenamiento que más tarde me ayudó a diseñar complejos aparatos científicos. Todavía recuerdo a Olga Neurath con afecto y gratitud.

Su marido, Otto Neurath, estaba cumpliendo condena de cárcel en Alemania por haber participado en un levantamiento comunista nada más finalizada la Primera Guerra Mundial. Cuando salió de prisión, alquiló un piso grande donde instaló provisionalmente todos sus libros —que no eran pocos— en una habitación, llenándola desde la puerta a la pared opuesta. Luego cogió martillo y clavos y recubrió todas las paredes de estanterías, mientras nosotros, los estudiantes, nos turnábamos en ordenar los libros y colocarlos en estanterías, en filas de dos en fondo. La mayoría eran libros de sociología y sobre socialismo; yo no entendía por entonces la diferencia.

Cuando ingresé en la Universidad de Viena, en 1922, me di cuenta de que por allí circulaban algunos otros genios de las matemáticas; es más, empecé a pensar que a lo mejor no me gustaría pasarme toda la vida con el lápiz y la papelera como únicas herramientas de trabajo. (Nadie soñaba todavía con las computadoras.) Y como siempre me había gustado hacer cosas con las manos, me pasé a la física, la elegí como asignatura principal y dejé las matemáticas en segundo lugar. Incluso llegué a descuidar tanto el estudio de esta asignatura que estuve a punto de suspender en el examen final; lo que me salvó fue la sordera del profesor: cuando veía que se dibujaba en su cara un gesto de extrañeza, decía astutamente lo contrario de lo que había dicho antes. En el verano de 1926 me doctoré, poco antes de cumplir los 22, lo cual era normal, porque

en Viena sólo hacían falta cuatro años de estudios para un doctorado (e incluso sólo tres en Económicas).

Después de terminar anduve un poco despistado. Mi intención era trabajar en la industria; la de válvulas de radio conoció por entonces un auge muy grande y sin duda necesitaba físicos jóvenes. Pero el caso es que nunca entré en ese campo, sino que me coloqué en una empresa pequeña y muy poco ortodoxa; dirigida por Sigmund Strauss, un inventor austríaco que había trabajado durante un tiempo en Telefunken. Strauss me dijo que había hecho algunos hallazgos muy fundamentales, entre ellos el del feedback y el del acoplamiento resistencia-capacidad; rebosaba de ideas, y parte de mi cometido consistía en escucharle y desechar las que no servían. Strauss no me lo tomaba a mal. Cuando yo le decía por qué una idea no iba a funcionar, solía responder: «Es verdad, tienes toda la razón. Bueno, veamos. ¡Ah, ya sé! Vamos a hacerlo así», y soltaba otra idea nueva. Al cabo del día se le ocurrían algo así como cien ideas, de las cuales solía servir una; pero una idea útil al día no está nada mal. La empresa fabricaba dosímetros de rayos X (para medir la intensidad de estos rayos) que se exportaban a todo el mundo; la terapia de rayos X, que requiere una dosificación muy precisa, estaba por entonces en plena difusión.

Durante un tiempo, mi lugar de trabajo fue un invernadero anejo a su villa y separado de los elementos atmosféricos por una tenue pared de vidrio. En invierno hacía allí un frío inhumano y mi vida transcurría a caballo entre dos males. La estufa de gas me levantaba al cabo de un rato un dolor de cabeza insoportable, porque al no tener extractor llenaba la estancia de monóxido de carbono. Cuando ya no soportaba el dolor, apagaba la estufa. Al cabo de media hora se me había pasado la jaqueca, pero, en cambio, se me habían helado los pies, así que tenía que volver a encender la estufa. Aquel martirio se prolongó durante varias semanas, pero no parece que me dejara secuelas permanentes.

Al cabo de un año o así me ofrecieron, para mi sorpresa, un trabajo en Berlín. Fue realmente una chamba. La

persona a quien se lo habían ofrecido en principio había aceptado, pero luego, viéndose rico a raíz de la muerte de una tía acaudalada, renunció. Después se lo ofrecieron a otro que, por no sé qué razón, no podía aceptarlo. Finalmente, y tampoco sé por qué conducto, salió a relucir mi nombre. Los responsables de la decisión recabaron información sobre mi persona a Lise Meitner, que por entonces vivía en Berlín. «En realidad no puedo darles mi opinión», contestó, «porque es sobrino mío y mi juicio no sería objetivo». Le insistieron una y otra vez, pero ella permaneció en sus trece: su sobrino tendría que valerse por sí mismo. Finalmente, alguien le preguntó: «Dígame una cosa, ¿es una persona desagradable?» A lo cual, tras reflexionar un segundo, contestó: «No, desagradable no es». Así que conseguí el trabajo —probablemente por recomendación del profesor Karl Przibram, quien había dirigido mi tesis; un hombre amable y muy querido, que murió muchos ños después, a los 93, en plenitud de sabiduría.

Atomos

Hoy día, cuando se habla de cuántas plantas de energía atómica construir, parece increíble que a principios de siglo hubiese todavía muchos científicos de pro que no creían en los átomos. Admitían, eso sí, que la idea les era útil a los químicos para explicar hechos empíricos, tal y como propusiera John Dalton poco después de 1800. El mármol puro, por ejemplo, contiene exactamente tres veces más oxígeno (así como una proporción fija de carbono) que la cal viva, para un contenido dado de calcio; era lógico pensar que la partícula más pequeña de mármol —una molécula— tuviese tres átomos de oxígeno por cada uno de calcio, mientras que la molécula de cal viva sólo uno. Había cientos de observaciones como esa; pero lo único que los químicos podían deducir de estos trabajos tan minuciosos eran los pesos *relativos* de esos hipotéticos átomos: que un átomo de calcio pesa 2,51 veces más que uno de oxígeno, por ejemplo. Hacia mediados del siglo XIX había ya mediciones de muchos de estos pesos atómicos (relativos), pero nadie tenía ni idea de cuánto

pesaban realmente los átomos. Sólo se sabía que eran demasiado pequeños para verlos y pesarlos uno a uno.

Durante los años sesenta del siglo pasado hubo varios científicos que intentaron estimar, por distintos medios, el tamaño de los átomos, y llegaron a resultados parecidos. Algunos físicos punteros, muy pocos, empezaron entonces a tomarse la cosa en serio. La cuestión era si verdaderamente se podía o no aprender algo de unos objetos diminutos que sólo medían dos cienmillonésimas de centímetro. Parecía de cajón que no podían influir para nada en el comportamiento de la materia; para los inventores e ingenieros, que eran los reyes de la época, los átomos eran un cero a la izquierda.

Mi opinión es que, aparte de eso, había un bloqueo psicológico cuyo origen estaba en una especie de inercia. El cálculo diferencial, una nueva clase de matemáticas inventada casi simultáneamente por Newton y por Leibniz, había experimentado un desarrollo y un perfeccionamiento grandes y permitía trabajar, no ya con cosas que había que contar (ovejas o dinero; esa es la función de la aritmética) o medir (geometría y álgebra), sino con cosas que cambian gradualmente: desde el movimiento de los planetas al cambiar continuamente de dirección en su giro alrededor del Sol, hasta el pandeo de una viga al someterla a una carga. Los físicos se congratularon al ver que sabían resolver problemas cada vez más complicados, como es la vibración de una placa metálica elástica de forma rectangular o elíptica, pongamos por caso. Si la placa fuese un agregado de millones y millones de átomos, habría que inventar otros métodos matemáticos distintos, más complejos y menos elegantes. ¿Para qué buscarle tres pies al gato?

Pero lo peor estaba por llegar. El hecho de que la materia consistiera en átomos no sólo coartaría la libertad de subdividir indefinidamente las cosas, sino también la libertad de movimiento de los propios átomos, porque haría falta una energía infinita para aumentar la temperatura de un objeto, aunque sólo fuesen algunos grados. Durante veinte años más o menos, los físicos ignoraron es-

tas contradicciones y otras parecidas, pese a que eran consecuencia de las leyes físicas aceptadas. Luego, justamente al finalizar el siglo (en diciembre de 1900) un físico conservador alemán, un funcionario de cuarenta años, que lo único que intentaba era poner orden en la teoría del calor, resolvió la dificultad más grave, que tenía que ver con la luz emitida por cuerpos incandescentes. Y al hacerlo inició la revolución más grande desde los tiempos de Galileo.

Ese revolucionario *malgré lui* fue Max Planck. Planck calculó la tasa a la que un cuerpo incandescente emite luz de diversos colores, para lo cual necesitó suponer que la luz se emite en paquetes de energía que él llamó «cuantos». El contenido energético de un cuanto dependía de la longitud de onda de la luz; la de la luz roja es dos veces



Max Planck (1858-1947), el conservador científico alemán cuya «hipótesis de los cuantos» (1900) inició una nueva era en física. (Reproducido con permiso del *New York Times*.)

mayor que la de la azul, y el resto del arco-iris cae entremedias. Para conseguir que esta teoría cuadrara con las

observaciones tuvo que postular una nueva constante natural a la que llamó *h:* la constante de Planck. Y supuso que para ondas luminosas de un color determinado, el número de oscilaciones por segundo (la frecuencia) multiplicado por *h* era igual a la energía contenida en un cuanto. Sin ese supuesto, los cálculos no tenían sentido; con él, los cálculos concordaban exactamente con las mediciones existentes. Planck publicó, pues, su «hipótesis cuántica» con la esperanza de que no tardara en reemplazarla otra más acorde con la física tradicional. Pasaron los años y no sucedió nada, salvo que mediciones más exactas dieron un acuerdo aún mejor con la fórmula de Planck. ¿Qué hacer entonces? Como dijo un contemporáneo suyo, Planck había «explicado» un hecho incomprensible mediante el supuesto, aún más incomprensible, de que las ondas de luz se producen a saltos.



Ernest Rutherford (1871-1937), hijo de un granjero de Nueva Zelanda. En 1911 descubrió el núcleo atómico y en 1919 logró escindirlo. Recibió el Premio Nobel en 1908, el título de «Sir» en 1914 y el de barón en 1931. Sus cenizas se guardan en la abadía de Westminster.

Para salir del atolladero hizo falta todo un Albert Einstein, por lo cual (no por la teoría de la relatividad, que publicó el mismo año de 1905) recibió el Premio Nobel. Einstein trabajaba de empleado en la Oficina de Patentes de Berna y gestó sus teorías a ratos perdidos. Gran parte del artículo es de carácter matemático y sólo tiene interés para los teóricos; pero también demostraba que los cuantos de Planck explicaban ciertos experimentos de Philip Lenard que no tenían nada que ver con aquéllos y que hasta entonces no se sabía por dónde cogerlos. Estos experimentos aportaron nuevas pruebas en apoyo de la idea de Planck y daban, por un camino totalmente independiente, el mismo valor para la constante *h*. Su teoría, plantada ahora firmemente sobre los dos pies, no podía seguir pasando inadvertida.

Luego se publicaron algunos artículos que ampliaban el razonamiento de Einstein, pero tuvieron que pasar otros ocho años antes de que el joven físico danés Niels Bohr, con su modelo del átomo, abriese las puertas de par en par. El lector seguro que lo ha visto cientos de veces en publicaciones relacionadas con los átomos: un puntito rodeado de varios círculos que, en perspectiva, aparecen como elipses que se cortan. El modelo quedó anticuado hace ya medio siglo, pero los símbolos tienen larga vida: al Padre Tiempo se le sigue representando con un reloj de arena en la mano, no con un reloj de pulsera.

El modelo de Bohr nació en Manchester, adonde aquél había ido para trabajar con Rutherford. Este era hijo de un granjero neozelandés, obtuvo el Premio Nobel en 1908, recibió el título de Sir en 1931 y murió seis años después, siendo enterrado en la Abadía de Westminster; un hombre corpulento, lleno de vigor, con gran sentido del humor y una pasión grande por el saber. De los experimentos hechos en su laboratorio había deducido en 1911 que los átomos eran en cierto sentido mucho más pequeños de lo que se había pensado. Más del 99,9 por 100 del peso de un átomo está concentrado en un diminuto núcleo central; el resto es espacio vacío, surcado por algunos electrones. A Rutherford le pareció natural que esos

electrones giraran alrededor del núcleo igual que los planetas lo hacen en torno al sol.

Ahí es donde intervino Bohr. El danés vio que era necesario introducir algún principio estabilizador que garantizara que, en átomos del mismo tipo, los electrones ocupasen el mismo espacio, porque si los átomos viniesen en formas y tamaños variados, jamás podrían formarse cristales regulares de formas geométricas. Comprendió que la clave tenía que estar en la hipótesis cuántica de Planck, que habría que ampliar para que especificara las órbitas electrónicas, igual que, en manos de Planck, había especificado el contenido energético de los cuantos luminosos. Bohr tardó varios meses, trabajando de firme, en decidir la manera de hacer esa extensión y extraer las conclusiones. En primer lugar, estudió el átomo de hidrógeno, que sólo contiene un electrón y es el más ligero de todos. Su primer artículo sobre el tema se publicó en julio de 1913 y explicaba tal cantidad de hechos observados que por fuerza tenía que tener un grano de verdad. Pero los detalles parecían absurdos: por ejemplo, el de que el electrón estuviese confinado en órbitas circulares específicas alrededor del núcleo; o que alrededor de éste hubiese una especie de raíles por los que tenía que circular el electrón; o la manera en que el electrón, al saltar de un círculo a otro menor, conseguía deshacerse de su exceso de energía en la forma de un cuanto de luz. Todo eso era absolutamente ajeno a la física tradicional.

¿Y los átomos más complejos? Los dos electrones del átomo de helio ¿se perseguían el uno al otro alrededor del mismo círculo, dejando el núcleo en medio, o seguían círculos concéntricos? ¿O viajaban por círculos secantes, con un horario fijo para evitar colisiones? Ninguna de estas posibilidades explicaba bien todos los hechos. Y los electrones ¿por qué no seguían elipses, igual que los planetas? ¿Porque lo prohibía ese vástago nacido del cerebro de Planck y convertido ahora en un policía atómico hecho y derecho?

Poco a poco se fue poniendo un poco de orden en este caos, sobre todo bajo la influencia de Arnold Sommer-

feld, que enseñaba en la Universidad de Munich. Por su clase pasaron la mayoría de los jóvenes teóricos que luego adquirieron renombre, entre ellos un estudiante prodigio de Viena, Wolfgang Pauli, a quien más tarde tuve la oportunidad de conocer; sobre él volveremos a hablar más adelante. Sommerfeld dijo de él en cierta ocasión: «No le puedo enseñar nada; por indicación mía está escribiendo un resumen de la teoría de la relatividad de Einstein»; y durante muchos años fue ése el mejor resumen que existió. A Pauli se le recuerda sobre todo por su «principio de exclusión», que propuso en 1923 y que le valió el mote de «inspector atómico de la vivienda». El principio de exclusión no permite que vivan más de dos electrones en la misma órbita. Las órbitas permitidas (aumentadas ahora con algunas otras, elípticas) habían sido clasificadas por Sommerfeld, y su ordenada distribución de acuerdo con el plan de vivienda de Pauli (al considerar átomos de más y más electrones) satisfizo finalmente el requisito de estabilidad que había motivado el primer modelo atómico de Bohr y explicó por qué los átomos, pese a sus diminutos núcleos, ocupan el espacio que ocupan y se comportan químicamente como se comportan.

En esos diez años tan movidos se avanzó un buen trecho, y lo que aquí he descrito no es más que un esquema sumarísimo de los puntos más sobresalientes, tal y como yo los veo; podría llenarse una página entera con sólo nombrar los físicos (y químicos) que en aquella época hicieron contribuciones importantes a la comprensión de los átomos. Otros autores han dedicado tomos y tomos a delinear los tortuosos caminos —algunos simples rodeos, otros, callejones sin salida— por los que, poco a poco, emergió un método coherente de la teoría cuántica.

Y obsérvese que digo método, no imagen. Hoy día ya no preguntamos qué es lo que sucede realmente dentro de un átomo, sino qué es lo que probablemente se observará —y con qué probabilidad— al someter a los átomos a tal o cual influencia, como puede ser luz, calor, campos magnéticos o corrientes eléctricas. Los métodos de la teoría cuántica moderna pueden contestar a esas preguntas. Pero

si preguntamos qué sucede realmente... entonces no hay respuesta. O al menos esa es la idea que se acepta hoy generalmente y hacia la cual Niels Bohr, en particular, guió la evolución de la teoría cuántica.

Fue el alemán Werner Heisenberg quien, a los veintitrés años, sugirió que los teóricos deberían abandonar el empeño de seguir los movimientos de los electrones dentro del átomo, donde era imposible observarlos, y en su lugar debían hallar correlaciones matemáticas entre hechos observables. Max Born, que fue profesor suyo en Gotinga, le enseñó al joven genio algunas de las matemáticas que él había intentado reinventar, y a su vez contribuyó de manera importante a la interpretación de las fórmulas. Sin embargo, fue Niels Bohr, con quien Heisenberg trabajó en Copenhague durante varios años, quien insistió en comprender el verdadero significado de las matemáticas de Heisenberg; a su lado, éste formuló y justificó (con argumentos no sólo matemáticos, sino físicos) el principio de incertidumbre que convirtió su apellido en algo archiconocido.

Físicos de todas las partes del mundo acudían a Copenhague para trabajar con Niels Bohr y difundir su pensamiento; y yo, que trabajé allí cinco años, hago naturalmente lo propio. Pienso, sin embargo, que es equivocado ver en la Escuela de Copenhague una especie de «establishment» encargado de perpetuar las ideas de su fundador. Las ideas de Bohr han pasado por el tamiz de la crítica durante medio siglo, y ninguna alternativa ha hecho que se tambaleen. A Newton cabría acusarle de haber acabado con la teoría ondulatoria de la luz por el mero hecho de tener gran prestigio y no estar de acuerdo con su coetáneo, el holandés Christian Huygens. El futuro ¿lanzará una acusación parecida contra Bohr? Yo lo dudo, pero es el tiempo el que tiene la última palabra.

La física atómica no la crearon, como es lógico, los teóricos a solas. Los teóricos necesitan observaciones que confirmen o refuten sus teorías, y esa tarea compete al experimentador. La distinción es relativamente nueva, porque en otros tiempos el físico solía poseer los conocimientos

matemáticos y experimentales necesarios para formular y contrastar sus teorías. Aunque tampoco fue siempre así: Michael Faraday, el londinense que sin pasar por la escuela llegó a adquirir fama mundial, era un soberbio experimentador que tuvo la visión de concebir la idea de los campos eléctricos y magnéticos; pero hizo falta que llegara James Clerk Maxwell —escocés y primer director del Laboratorio Cavendish en Cambridge— para crear la teoría matemática del electromagnetismo. Los físicos han tendido desde entonces a especializarse cada vez más, o bien en técnicas que les permite realizar experimentos cada vez más difíciles, o bien en técnicas matemáticas de creciente sutileza. Y de cuando en cuando se dan también figuras como Enrico Fermi, el genio italiano que ascendió en 1927 a la fama como teórico y luego nos sorprendió a todos con los pasmosos resultados de sus experimentos con neutrones y, finalmente, con el diseño del primer reactor nuclear. El 2 de diciembre de 1942 puso en marcha la primera reacción nuclear en cadena iniciada por el hombre y se convirtió así en el Prometeo de la era atómica.

Pero volvamos a los comienzos del siglo. En aquel tiempo se intuía que los átomos nos hablaban, pero en un código que no sabíamos descifrar. Si uno arroja un poco de sal común (o cualquier otro compuesto de sodio, como la soda) en una llama de gas, ésta da un breve destello amarillo; los compuestos de litio la tiñen de rosa, etc. Si observamos la llama con un espectroscopio (que básicamente es un prisma de vidrio con una rendija delante), no vemos el célebre espectro con los colores del arco-iris, sino sólo unas cuantas rayas de diferentes colores. Esas rayas sólo se ven cuando los átomos están «excitados» por calor (el caso de la llama) o por una corriente eléctrica (como en el tubo de neón), y cada clase de átomo tiene un conjunto característico de líneas, su propio «espectro de rayas», sus huellas dactilares como si dijéramos. Es un método sencillísimo para detectar la presencia de un elemento químico determinado, y en los años 1860-69 los científicos saltaron de alegría al comprobar que muchos de nuestros entrañables elementos existían también en el Sol e incluso

en estrellas remotas. Algunos físicos intuyeron además que esos espectros de rayas delataban la estructura de los átomos; pero su situación era tan desesperante como la de los primeros egiptólogos, sentados ante miles de caracteres clarísimos pero indescifrables.

En 1885 entra en escena un personaje insólito: un profesor suizo de matemáticas llamado Johann Jakob Balmer. Habiéndose jactado en cierta ocasión de que con cuatro números cualesquiera era capaz de encontrar una fórmula



Werner Heisenberg (1901-1976), quien, con poco más de veinte años, puso los cimientos de la mecánica cuántica y luego contribuyó durante mucho tiempo a su desarrollo. Premio Nobel en 1932.

matemática que los relacionara entre sí, un amigo suyo le dio las longitudes de onda de las cuatro rayas espectrales que son características de los átomos de hidrógeno. Para sorpresa de propios y extraños, Balmer entregó una fórmula muy sencilla que acomodaba con increíble precisión

las longitudes de onda medidas. Publicó su hallazgo, pero nadie acertó a verle ningún significado físico, por lo cual quedó como mera curiosidad.

Cuando más tarde Niels Bohr, al intentar adaptar la idea cuántica de Planck a la estructura de los átomos, tropezó con la fórmula de Balmer, «todo quedó claro», como diría él mismo. En el plazo de un mes terminó su gran artículo sobre el átomo de hidrógeno, para lo cual se basó fundamentalmente en la fórmula de Balmer. Otras fórmulas parecidas habían sido aplicadas tentativamente a los espectros de otros átomos; ahora cobraron sentido y sirvieron para comprobar nuevas extensiones de la teoría cuántica. El enigma estaba descifrado: los átomos revelaban al fin su estructura.

El único supuesto que había sentado Planck era que la luz se emite en cuantos; Einstein había señalado que también tenía que ser absorbida de la misma manera; los cuantos luminosos no podían difundirse en todas las direcciones, tenían que viajar por el espacio como si fuesen minúsculos paquetes de energía electromagnética: fotones, como muy pronto se les llamaría. La idea de Bohr de que el átomo era una especie de sistema planetario en el que sólo están permitidas ciertas órbitas la habían pulido Born y Heisenberg; no cabía hablar ya de órbitas definidas, pero, en cambio, era posible calcular la cantidad de energía que podía contener un átomo; y cualquier cambio de energía (excepto en choques) iba acompañado por la emisión o absorción de un fotón apropiado. Al cabo de una década, los espectros de rayas atómicos apenas guardaban ningún misterio.

Uno de los problemas que más tardaron en resolverse fue el de la «estructura fina». Utilizando espectroscopios muy perfeccionados (de muchos aumentos, como si dijésemos) se vio que muchas de las rayas espectrales eran pares de líneas o incluso grupos de rayas muy apretadas. Por otro lado, esas rayas se separaban al colocar átomos excitados entre los polos de un potente imán. La física tradicional podía explicar, en líneas genrales, este efecto de los campos magnéticos, descubierto en 1896 por el holandés

Pieter Hendrik Zeeman. El modelo de Bohr también podía explicarlo, pero a condición de asignar al policía cuántico otra misión más: la de vigilar que las órbitas electrónicas formasen determinados ángulos con las líneas de fuerza magnética. Esta «cuantización espacial», que es como se la llamó, se les antojaba muy extraña a muchos físicos, por lo cual Otto Stern, que por entonces trabajaba con Max Born en Francfort, decidió comprobar el fenómeno con un método nuevo. Con Stern trabajé durante tres años en Hamburgo, así que tendré ocasión de hablar de él más adelante. Ese experimento —y otros— debe mucho al trabajo de los fabricantes de bombillas. Me explico.

En la atmósfera corriente, ninguna molécula puede recorrer más que algunas millonésimas de pulgada sin chocar contra otra. En las bombillas, sin embargo, la pérdida de calor del hilo incandescente quedaba minimizada a base de extraer por bombeo casi todo el aire. Aun en el mejor de los «vacíos» quedaban billones de moléculas, pero con el tiempo aparecieron bombas que podían reducir el número de moléculas de aire de un recipiente a una millonésima o menos. La primera prueba de que en un vacío semejante los átomos podían recorrer bastantes centímetros sin chocar la dio el francés Louis Dunoyer en 1911, quien luego no volvió a ocuparse ya más del tema. Hacia 1920 decidió Otto Stern medir el efecto de un imán sobre un fino haz de átomos de plata; el haz se obtenía al interceptar todos los átomos que se evaporaban de la plata incandescente, excepto aquéllos que pasaban por dos pequeños orificios situados uno detrás de otro. Tras realizar el experimento (junto con su colega Walter Gerlach) encontró lo que era de esperar: cuando no había imán, el haz depositaba una pequeña mancha de plata sobre una placa de vidrio transversal; cuando el haz pasaba entre los polos de un potente imán (en forma de filo de cuchillo), la mancha —según la física clásica— debería haberse ensanchado, porque los átomos de plata, que se comportan como pequeños imanes orientados al azar, serían atraídos y repelidos aleatoriamente por el imán en forma de cuchillo. Sin embargo, no se observó eso, sino dos

manchas: el policía cuántico había cumplido con su deber y cuidado de que la mitad de los átomos de plata se orientasen de manera que experimentaran una repulsión total, la otra mitad una atracción total, sin medias tintas. La cuantización espacial quedó confirmada y, hoy día, cualquier estudiante de física conoce el experimento de Stern-Gerlach. A mí me cupo la gran suerte de trabajar con Otto Stern en 1930, y los tres años que estuve a su lado cuentan entre los más felices y fructíferos de mi vida.

Este experimento y los problemas relacionados con la existencia de la estructura fina de las rayas espectrales condujeron al último gran paso en la evolución de la teoría atómica: el descubrimiento de que el electrón se comporta, no como una diminuta pelota de electricidad negativa, sino como una pelota que gira y, por lo tanto, como un imán. El modelo explicó los caprichos de la estructura fina y cómo influían sobre ella los campos magnéticos y eléctricos; y también explicó una característica curiosa de la regla de vivienda de Pauli, a saber, que dos electrones sí pueden compartir la misma órbita, siempre y cuando giren en sentidos opuestos.

Un estudiante francés, el príncipe Louis de Broglie, lanzó hacia aquella misma época (1925) una idea nueva. Planck y Einstein habían demostrado que la luz —reconocida como fenómeno ondulatorio desde 1800— consistía en «fotones» que viajaban por el espacio en calidad de partículas. ¿No podía ser que los electrones, catalogados como partículas desde su descubrimiento en 1897, se comportaran en cierto modo como ondas? La prueba experimental de esta imaginativa conjetura llegó al cabo de muy pocos años; pero aun antes de eso, el austríaco Erwin Schrödinger construyó su famosa ecuación que se basaba en la idea de Broglie y daba los valores correctos para los niveles de energía del átomo de hidrógeno, igual que habían hecho las órbitas cuantificadas de Bohr en 1913. Era un nuevo modelo del átomo, aunque no tan fácil de visualizar como el anterior; el electrón parecía ahora más una nube pulsante que un planetita girando en órbita. Para aquellos que gustan de pensar con modelos, sigue

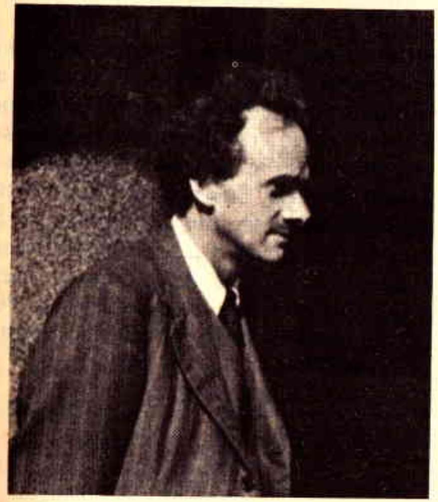


Erwin Schrödinger (1887-1961). Físico teórico nacido en Austria, cuya ecuación de ondas contribuyó mucho a entender y calcular el comportamiento de los electrones en los átomos. (Fotografía del autor.)

siendo, sin embargo, el mejor que podemos ofrecerles. La ecuación de Schrödinger resultó ser equivalente a la de Heisenberg, aunque su aspecto era muy diferente. Hoy día utilizamos una u otra, según cuál sea mejor para abordar un problema determinado.

Schrödinger, aparte de sus dotes matemáticas, era un hombre de gran encanto personal, y su verdadera aspiración era la de ser filósofo; varios de sus libros, escritos con elegancia, gracia y claridad, revelan su preocupación por problemas fundamentales. El éxito sensacional de su ecuación de ondas fue lo que le empujó de lleno a la física. Es el único conferenciante que jamás me hizo sentir ganas de saltar de la silla y gritarle; sabía argumentar de manera tan viva y convincente *contra* cualquier teoría universalmente aceptada, que al final hubiese jurado yo que la teoría tenía que ser falsa. Cuando hacía buen tiempo

enseñaba en mangas de camisa y zapatillas de tenis, en una época en que los profesores berlineses cuidaban todavía mucho de su dignidad.



Paul Adrien Maurice Dirac, físico de Cambridge cuya imaginación y conocimientos matemáticos crearon metas nuevas en la física teórica. Su teoría del electrón (1928) explicó el spin electrónico, predijo el positrón y le valió el Premio Nobel en 1933.

Un año o dos después, Paul Dirac, un joven inglés, retocó la ecuación de Schrödinger para que concordara con la teoría de la relatividad de Einstein. A primera vista parecía un ejercicio puramente matemático, para el cual Dirac había inventado *ex profeso* ciertos métodos matemáticos harto heterodoxos. Pero el éxito que tuvo fue espléndido; la ecuación explicaba la estructura fina de las rayas espectrales y el efecto Zeeman, y explicaba también por qué el electrón se comporta como una pelota que gira, justamente con la cantidad de spin e intensidad magnética que se había observado. Fue una demostración clara del

poder de las técnicas puramente matemáticas, y Dirac sentó un precedente que los físicos matemáticos han seguido desde entonces con bastante éxito en general... aunque más de un físico experimental añora los días en que todavía éramos capaces de seguir las evoluciones de nuestros amigos los matemáticos.

Pero, ¿y los núcleos atómicos? Porque todo lo que llevo dicho se refiere a la parte exterior del átomo, al espacio por donde pululan los electrones, controlados por la atracción eléctrica del núcleo, ese diminuto corazón situado en el centro del átomo y en el cual se concentra más del 99,9 por 100 de su masa. Fueron sobre todo Rutherford y sus discípulos quienes descubrieron algunos hechos relativos al tamaño de los núcleos y a su vulnerabilidad frente a proyectiles rápidos («escisión del átomo»); luego se les fueron agregando poco a poco otros físicos. Pero esa es otra historia que contaré en un capítulo posterior.

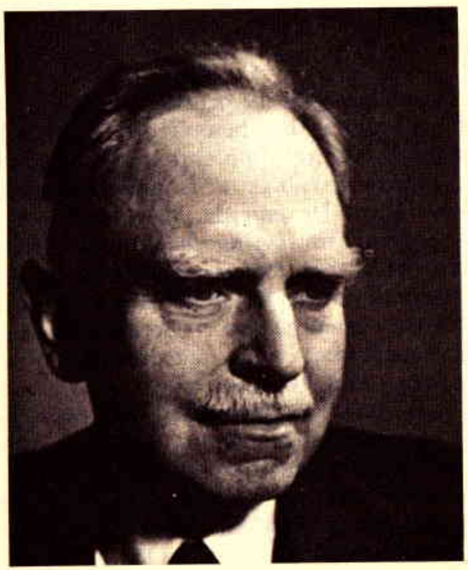
Berlín, 1927-1930

A mi llegada a Berlín me ocurrió una cosa muy curiosa; no fue nada espectacular, pero creo que jamás he estado tan cerca de la muerte como entonces. Cuando salí de la estación, a primeras horas de la mañana, había todavía muy poco tráfico. De entrada, nada más ir a cruzar la calle, tuve que dar un respingo hacia atrás cuando un taxi que yo no había visto tocó encima de mí la bocina. En Austria se conducía por la izquierda (hasta la llegada de Hitler en 1938), mientras que en Berlín se hacía por la derecha, de manera que tendría que abrir muy bien los ojos. Mirando para todos los lados crucé la calle, pero luego descubrí que tenía que volver sobre mis pasos para coger el tranvía en el Kurfürstendamm. ¡Tonto de mí! Este tráfico por la derecha me estaba volviendo loco.

Después de esperar un buen rato, llegó el tranvía y me subí a la plataforma delantera; no había más pasajeros y durante unos minutos me quedé de pie detrás del conductor, viendo pasar velozmente a ambos lados los árboles del Tiergarten. Detrás de mí oí que arañaban en el cristal; me

volví y vi que el conductor me pedía el importe del viaje a través de una pequeña ventanilla corrediza. Al principio no se hacía con mi acento austriaco (ni yo con el suyo berlinés), pero enseguida me entendió a dónde quería ir y me dio el billete. Por mi izquierda desfilaban un largo paseo y grandes bloques de pisos construidos en el estilo pretencioso de 1900.

El tranvía llevaba buena marcha, bamboleándose de un lado a otro, y yo me divertía guardando el equilibrio sin agarrarme. Di un paso hacia atrás, pero sin llegar a apoyarme contra la reja del lado de la plataforma. Este tipo de tranvías llevaban rejas a ambos lados, una de las cuales se quitaba para dejar entrar y salir a la gente. El vehículo daba ahora alegres bandazos de acá para allá, y yo con él,



Otto Hahn (1879-1966), químico alemán y discípulo de Rutherford, cuyos treinta años de colaboración con Lise Meitner en Berlín llevaron a muchos descubrimientos, entre ellos el de la fisión nuclear en 1938, por el cual recibió el Premio Nobel en 1945.

con cuidado de no tropezar con la puerta de atrás. A mis espaldas oía el rugido del tráfico, hombres de negocios en grandes automóviles que nos adelantaban camino de la parte oeste de Berlín.

Pero, ¿por qué no habían quitado la reja del lado izquierdo? Porque cuando entré no podía haber estado allí... ¿O era que al circular por la derecha...? Sintiendo un sudor frío en la frente, me agarré con la mano crispada a un asidero, me volví y me quedé mirando fijo los coches que, de tres en fondo, nos adelantaban como un torrente furioso. ¡Había ido todo el rato columpiándome de espaldas a una reja que no existía!

Lise Meitner me ayudó a buscar alojamiento; ella vivía en un pisito diminuto y no tenía sitio para mí, pero me invitaba muchas veces a comer. A través de ella conocí a Otto Hahn, con quien había trabajado durante veinte años; esa colaboración se hizo luego famosa por llevar al descubrimiento de la fisión del uranio, cuyas consecuencias fueron la bomba y la energía atómicas. Cada vez que pienso en Hahn, con su rudo acento renano y su peculiar sentido del humor, siento un arrebato de placer. Le gustaba silbar el último movimiento del concierto de violín de Beethoven en una forma extrañamente sincopada, y cuando alguien le hacía una observación al respecto preguntaba con fingida inocencia: «¿No es así?».

Cambié de casa varias veces, pero todas estaban cerca de donde vivía mi tía, en un agradable suburbio de Berlín que se llama Dahlem. Ella trabajaba (y más tarde vivió también allí) en uno de los Institutos Kaiser Wilhelm, el de Química, concretamente en investigación radiactiva, de lo cual sabía yo muy poco por entonces. Fue mucho más tarde cuando me dí cuenta de las cosas tan interesantes que ocurrieron allí hacia 1927, justo antes de surgir la idea del neutrino y hacia la época en que la mecánica cuántica se lanzaba a la conquista de la física atómica.

Todas las mañanas tenía que hacer un largo trayecto en autobús hasta el P.T.R. (Physikalisch-Technische Reichsanstalt, equivalente al National Physical Laboratory de Gran Bretaña o al Bureau of Standards de Estados

Unidos), que ocupaba un gran edificio cerca del centro comercial de Berlín. Allí se realizaban trabajos muy diferentes. Yo pertenecía al departamento de Optica y mi jefe era Carl Müller, apellido nada infrecuente en Alemania; era un hombre grande y corpulento, de pocas palabras, pausado en el hablar e increíblemente ingenioso en la construcción de artefactos. En sus ratos de ocio inventó un proceso para fabricar películas muy finas de metal sujetadas sólo por los bordes, como la piel de un tambor; tan finas eran, que se podía leer el periódico a través de seis de ellas, una detrás de otra. Aunque eran de oro parecían panales cobrizos. Müller padecía una dolencia cardíaca y tuvo que guardar cama durante un tiempo; pero incluso postrado —se quejaba su mujer— seguía enredando con la soldadora.

A mí me habían contratado para ayudarle a poner a punto una nueva unidad de brillo que reemplazara a la candela, que era imprecisa y no estaba definida muy científicamente. El método lo había propuesto el profesor Emil Warburg, antiguo director del P.T.R.; un procedimiento muy complicado que no voy a describir aquí. Müller tenía una idea mucho más sencilla y prometedora, pero no podía trabajar en ella mientras viviera su antiguo jefe; hubiese sido un gran insulto. Poco después de irme yo —tres años más tarde— murió Warburg, y Müller comenzó a trabajar en su proyecto. Ignoro si lo llevó o no a buen fin, pero lo cierto es que la «candela», que hoy es la unidad internacional de luminosidad, no se basa en la idea de Müller.

El director del P.T.R. mientras yo estuve allí era un físico famoso: Friedrich Paschen, una persona muy callada y amable a quien ví muy pocas veces. En espectroscopia atómica había hecho trabajos muy importantes, y una de las series de rayas infrarrojas del espectro del hidrógeno lleva su nombre. Sobre él oí solamente una anécdota divertida. Parece ser que uno de los científicos del instituto se llegó hasta él y le pidió permiso para colocar sus colmenas en la terraza del P.T.R. Paschen reflexionó un rato y dijo: «No, no lo puedo permitir, porque sentaría un precedente. Después vendría alguien que querría tener gallinas, y luego otro con ovejas; y antes de que nos pudiéramos dar cuenta tendríamos vacas en la azotea». Y allí acabó la cosa. Lo que no sé es a dónde fueron a parar las colmenas.

Por lo general me pasaba horas y horas en el instituto ensayando ideas de mi propia cosecha; casi ninguna de ellas funcionaba, pero así es como se aprende. En el instituto teníamos una cantina y allí conocí a algunas de las personas que trabajaban en el P.T.R.; no recuerdo, sin embargo, haber visto nunca a ninguna de las «chicas de la fiebre», que es como llamaban a unas doce mujeres que trabajaban todo el día calibrando miles de termómetros clínicos (uno de los cometidos del P.T.R.). Sí conocí, en cambio, a Walther Bothe (Premio Nobel en 1954), que trabajaba en la habitación contigua a la mía. Por aquel entonces no podía ni imaginar que Bothe estuviera realizando un trabajo muy importante sobre radiactividad, ni que en 1930 encontraría una pista que más tarde llevó a descubrir el neutrón, en 1932. El motivo por el que le conocí fue que me envió a uno de sus técnicos para pedirme que no silbara en el pasillo, porque se confundía al contar partículas alfa. En aquellos tiempos no teníamos todavía contadores automáticos como los de ahora, que permiten hacer una lectura al principio y otra al final, minutos u horas más tarde, dando el número exacto de partículas que han pasado por el instrumento mientras uno se ocupa tranquilamente de otras cosas. Yo solía silbar música de Bach y de ese estilo, afición que más de una vez me puso en contacto con entusiastas de la música de cámara; pero he de confesar que mi interpretación de los Conciertos de Brandemburgo no era, en general, muy popular.

La música ha sido para mí importante desde la infancia. Mi madre, como ya dije, era pianista de concierto y profesora de piano y me dio clases desde los cinco años. Hacia la época en que llegué a Berlín tocaba yo con más nervio que destreza y me encantaba adornarme con scherzos de Chopin y cosas parecidas, que realmente me venían demasiado grandes. Lise Meitner contribuyó también a mi edu-

cación musical, en parte porque me hacía que tocara duetos de piano con ella. No era buena pianista, y fuera de la familia no he conocido a nadie que supiera siquiera que tocaba; pero había aprendido a leer música, y los dos nos fuimos abriendo paso, poco a poco, por el septeto de Beethoven y otras piezas melódicas cuyos movimientos lentos eran suficientemente fáciles para divertirnos. La instrucción «Allegro ma non tanto» lo traducía ella por «Rápido, pero no tía» (tía es Tante en alemán). Lise Meitner me introdujo también en el mundo del concierto, y gracias a ella escuché por primera vez las sinfonías de Brahms y mucha música clásica de cámara. Sin duda me abrió los oídos a un mundo mucho más amplio que el que había conocido en Viena, donde oía tocar a mi madre pero apenas iba a los conciertos; la radio era aún muy primitiva cuando me fui de Viena, en 1927.

De niño odiaba los conciertos, seguramente porque me llevaron a alguno de esos café-conciertos donde una banda de instrumentos interpretaba números populares en una sala llena de ruido y de humo mientras la gente charlaba y tomaba café. Pero un buen día (andaría yo por los quince años) mi madre me convenció para que fuese a la Catedral de San Esteban a oír algo de un compositor que había escrito unos ejercicios de dedos llamados «Invenciones a dos partes». Yo me esperaba lo peor, música de órgano aburrida y cánticos soporíferos. Pero aún recuerdo el entusiasmo que sentí, al cabo de muy pocos compases, cuando comprendí que *La Pasión según San Mateo* de J. S. Bach era una música formidable. Es uno de los pocos momentos de mi juventud que realmente recuerdo: acurrucado en uno de los ingentes pilares, con ese fa sostenido del segundo compás desgarrándome el corazón. Después seguí yendo a los conciertos, aunque no a la ópera.

Mientras trabajé en el P.T.R., mi principal contacto con la vida académica era a través de los coloquios semanales en la universidad. Nuestro orgullo era tener un primer banco ocupado en su mayor parte por Premios Nobel. Allí estaba Max Planck, alto y escueto, con ese noble perfil que luego apareció en las monedas de 2 marcos alemanas

y que se hizo más conocido que el de ningún otro científico. Planck nunca llegó a reconciliarse con la teoría cuántica que él mismo había concebido; sus elementos de incertidumbre y no-causalidad iban en contra de los principios básicos de su ordenada mente.

De vez en cuando estaba también por allí Einstein, pero no siempre, porque viajaba mucho y estuvo enfermo durante algún tiempo. Einstein también pensaba que la teoría cuántica estaba incompleta. Sólo hablé con él una vez, en el vestíbulo del edificio de la universidad. Lise Meitner me paró de pronto y me dijo: «Aquí está Einstein; voy a presentártelo». A toda prisa trasladé la pila de libros que llevaba en la mano derecha a mi mano izquierda y me quité el guante, mientras Einstein esperaba pacientemente con la mano tendida, en actitud despreocupada y aparentemente relajada. Lo que yo no sabía es que en realidad se hallaba bajo una gran tensión. Idolatrado por millones de personas que no entendían sus teorías, era también blanco —por ese mismo motivo— de viciosos ataques por parte de algunos de sus colegas, con un cariz cada vez más antisemita. Tenía ofertas tentadoras del extranjero, pero sus amigos, en especial Max Planck y Walther Nernst, que le habían convencido en 1914 para que viniera a Berlín, le rogaron encarecidamente que no se fuera; y lo mismo hicieron muchos otros que reconocían sin reservas en él al físico más grande de Alemania. Finalmente abandonó el país a finales de 1932, justo antes de que Hitler subiera al poder.

En sus últimos años solía llevar jersey de cuello vuelto. Detestaba los formalismos y, según me dijeron, ésa fue la razón de que emigrara a Estados Unidos y no a Inglaterra, a la llegada de Hitler. Sus amigos ingleses, queriéndole dar una gran bienvenida a su país, le invitaron a fiestas donde todo el mundo vestía de smoking o chaqué y la comida era servida por criados de librea. Einstein vio que nunca podría vivir en un país donde había que observar tanta etiqueta, así que toda esa hospitalidad fue contraproducente.

Einstein tenía una capacidad pasmosa de concentración,



Albert Einstein (1879-1955). Fue el primero en tomar en serio la hipótesis cuántica de Planck. Su artículo de 1905 daba pruebas de la existencia de cuantos de luz (fotones), y que por ese artículo —no por otro del mismo año en el que expuso la teoría de la relatividad— por el que se le concedió el Premio Nobel en 1922.

y estoy seguro de que ahí residía su verdadero secreto: podía pasarse horas y horas pensando, con esa clase de concentración absoluta que el resto de los mortales sólo podemos sostener unos cuantos segundos. En cierta ocasión, alguien con quien había concertado una cita en Praga olvidó su compromiso y llegó dos horas tarde. Al acercarse a Einstein, que le esperaba sentado en la barandilla del puente donde habían quedado, éste hizo a un lado todas las disculpas del otro diciendo: «Es lo mismo, no se preocupe; igual de bien puedo pensar aquí que en otro lado».

La siguiente anécdota me la contó Gabriele Rabel, escritora, filósofa y maestra, que murió en medio de la más radiante pobreza, como Diógenes, hacia 1964, a los ochenta años, no lejos de Cambridge. En su juventud tuvo dinero bastante para viajar por toda Alemania y estudiar en varias universidades. Según me contó, una vez, en su época de estudiante, se dirigió a Einstein con admiración: «¡Qué mente tan prodigiosamente rápida tiene usted, profesor Einstein! Cuando esos linces de estudiantes del seminario exponen teorías completamente nuevas ¿cómo se las arregla para poner inmediatamente el dedo en el punto flaco?». Y Einstein contestó: «Mi querida joven, es que hago trampa. Porque mire usted, todas esas teorías que proponen mis brillantes estudiantes las conozco ya, las he dado cien vueltas. Así que sé exactamente de qué pie cojean».

Otra anécdota (ésta no recuerdo quién me la contó) es de cuando Einstein dio una conferencia sobre alguna de sus nuevas ideas en una reunión de la Sociedad de Física Alemana, en una ciudad que hoy pertenece a la República Democrática Alemana. Al término de la alocución, y una vez que el presidente había abierto el turno de preguntas, se levantó un joven al fondo de la sala y en mal alemán y de manera harto sorprendente dijo algo así como: «Lo que nos ha dicho el profesor Einstein no es tan disparatado. Pero la segunda ecuación no se sigue estrictamente de la primera. Necesita un supuesto que no está probado y además no es invariante, como debería ser...» Todos los asistentes se volvieron y miraron fijamente al intrépido; todos menos Einstein, que se quedó mirando hacia la pizarra, pensando. Al cabo de un minuto se volvió y dijo: «Lo que ha dicho el joven de atrás es perfectamente correcto; pueden ustedes olvidar todo lo que les he dicho hoy». Añadamos que el joven era Lev Davidovich Landau, quien más tarde se convertiría en el físico teórico más importante de la Unión Soviética.

Abundan los ejemplos de la enorme modestia de Einstein y de su buena disposición para admitir los errores. En cierta ocasión en que un colega le recordó que tres sema-

nas antes había dicho algo muy diferente de lo que expresaba en ese momento, Einstein le replicó: «¿Crees que a Dios le importa lo que dije hace tres semanas?» Y en una de sus cartas a Max Born admite haberse equivocado en uno de los cálculos y añade: «Gegen das Böckeschiessen hilft nur der Tod» («Contra las meteduras de pata sólo sirve la muerte»).

Nernst era otro de los de la primera fila de bancos. No era infrecuente que al término de una conferencia se pusiera de pie —la diferencia era escasa, porque levantaba poco del suelo— y haciendo aspavientos exclamara con su vieja voz cascada: «¡Pero eso lo dije yo ya hace cuarenta años!». A los estudiantes les hacía gracia, pero es probable que tuviese razón. Uno de los grandes principios de la física, el tercero de la termodinámica, era creación suya, y a comienzos de siglo tuvo gran influencia cerca del Kaiser; la famosa cadena de laboratorios científicos conocidos por la Kaiser Wilhelm Gesellschaft había sido idea suya. Su invento de un nuevo tipo de bombilla eléctrica lo vendió por una fortuna, antes de ser sustituida por la de filamento de tungsteno. El aire de ingenua inocencia que tenía Nernst era engañoso; compró propiedad inmobiliaria y nadó en la abundancia hasta el final de su vida, pese a la inflación de 1922, cuando el marco perdía la mitad de su valor dos veces por semana durante varios meses.

Nernst hizo contribuciones numerosas y duraderas a la tecnología y a la ciencia, y las modernas baterías y células de combustible se basan en sus trabajos de electroquímica y en los de su escuela. Pese a todas las historias maliciosas que circulan sobre él, no hay que olvidar que fue uno de las primeras figuras de la ciencia en la primera parte de este siglo.

Gustav Hertz, sobrino-nieto del famoso Heinrich Hertz que descubrió las ondas electromagnéticas en 1887, lucía una portentosa calva; se decía que su cabeza, al brillar como una bola de billar, iluminaba la sala y dificultaba las sesiones de proyección. Hertz tenía un tipo de humor muy negro. Algunas veces iba a tomar el té con los químicos, en el laboratorio donde trabajaban Hahn y Lise Meit-

ner. En cierta ocasión apartó el té de un manotazo y dijo: «Estoy harto de esa porquería, dame el alcohol», y pidió a uno de los estudiantes que le acercara un frasco de alcohol puro del estante. Lise Meitner estaba horrorizada: «Pero Hertz, ¡cómo vas a beberte eso, es veneno puro!». Hertz, sin hacer caso, se sirvió un vaso y se lo echó al coleto como



Gustav Hertz (1887-1975) obtuvo, junto con James Franck, el Premio Nobel en 1925 por experimentos que en 1912 habían demostrado la existencia de estados de energía cuantificados en átomos; sobrino-nieto de Heinrich Hertz, descubridor de las ondas electromagnéticas en 1888.

si tal cosa; el estudiante, conchavado, había llenado antes la botella con agua.

Mi empleo en el P.T.R. duró tres años, pero durante el último trabajé media jornada en el departamento de física de la Universidad de Berlín, en la sección del profesor Peter Pringsheim. La cosa sucedió así. Según la teoría cuántica, el átomo posee normalmente cierta rotación (como un trompo que gira), en parte porque sus electrones giran en círculo, y en parte porque giran alrededor de sus ejes.

Cuando un átomo emite un cuanto de luz, esa rotación (el momento angular) cambia, y a mí se me había ocurrido un modo de hacer que el cuanto de luz se llevara ese momento adicional girando como una rueda de carro, alrededor de un eje perpendicular a su movimiento. En la teoría no había sitio para ese movimiento del cuanto luminoso, por lo cual mi interés era grande y quería hacer el experimento que, de dar resultado positivo, revolucionaría la física. Lise Meitner me puso en contacto con Pringsheim (a quien conocía bien) y éste puso a mi disposición su laboratorio y me dio permiso para trabajar allí por las tardes.

Lo primero que tuve que hacer fue conseguir una llave maestra; parece ser que todas las llaves del departamento de física se habían perdido tiempo ha, y todos los estudiantes utilizaban una llave maestra para abrir su habitación, o la de otros en caso necesario. Recuerdo aún la mirada de sospecha que cayó sobre mí cuando intenté comprar el preciado instrumento en una ferretería. Otro estudiante me enseñó luego una de esas llaves y logré reproducirla con alambre grueso de acero; funcionaba perfectamente. Nunca intervine en las competiciones entre estudiantes para ver quién abría más deprisa las puertas más difíciles, pero desde luego aprendí a abrir la mía en pocos segundos... excepto una vez, a la vuelta de vacaciones, que me costó cinco minutos abrir el cerrojo; pero es que alguien había metido un seguro antirrobo. Así que es posible que haya confundido mi verdadera vocación.

El experimento dio resultados perfectamente negativos; James Franck, con quien lo repasé más tarde, me señaló el fallo de mi razonamiento, lo cual me hizo sentir un poco de vergüenza (aunque, todo hay que decirlo, también se le pasó a un físico teórico con el que estudié el experimento previamente). El artículo lo tenía ya escrito y lo mejor que podía hacer era añadir la explicación de Franck en una nota a pie de página. De todos modos, el lance sirvió para ponerme en contacto con Pringsheim, que me dio empleo cuando expiró mi beca en el P.T.R. El trabajo que desempeñé al principio fue de índole más bien práctica.

El departamento de física llevaba abierto muchos años, en una época en que el mercurio era de uso constante, de manera que el metal se había ido acumulando en las ranuras del suelo. Hacía poco se había descubierto que el vapor de mercurio era muy venenoso, así que hacía falta un instrumento que midiese rápidamente la concentración de esa sustancia en el aire. Pringsheim tenía ya pensado el principio operativo —se basaba en la absorción de luz ultravioleta por el vapor de mercurio— y yo me encargué de construir el aparato. Funcionar funcionaba, pero desgraciadamente era también sensible a vapores de sustancias químicas inocuas, como el benceno; así que no fue un éxito total. Sin embargo, aprendí cantidad de cosas técnicas, y más tarde Pringsheim me encomendó otro trabajo que tenía cierto interés científico y que, al haber trabajado codo con codo los dos, publicamos juntos.

El laboratorio de Pringsheim, donde realizamos este trabajo al alimón, tenía tendidos de lado a lado cables eléctricos de cobre sin aislar. Al comentarle yo lo peligroso que era aquello, se encogió de hombros y dijo: «Tendrás que tener cuidado». Que yo sepa, nadie se electrocutó allí, aunque podía haber ocurrido fácilmente a la mínima distracción. Y es que estoy convencido de que los accidentes fatales son menos probables en un laboratorio donde la gente sabe que tiene que andarse con cuidado que en un lugar donde crea que todo es muy seguro. ¡Nunca lo es!

Hamburgo, 1930-1933

En 1930 conseguí un trabajo en Hamburgo... el primer trabajo de verdad, no una beca. Creo que Pringsheim me recomendó con interés, porque luego supe que algunos meses después recomendó calurosamente a otro estudiante suyo, pero añadiendo «aunque no es otro Frisch». A Lise Meitner le complació tanto este comentario halagüeño que no pudo aguantarse y me lo dijo, aun a riesgo de engordar mi vanidad. ¡Por fin tenía un pie en la escala académica! Mi jefe iba a ser el profesor Otto Stern, famoso por el experimento clásico de Stern-Gerlach, y yo estaba loco de alegría por poder trabajar con un físico tan bueno. Mi categoría iba a ser lo que en Alemania se llama *Assistent,* una especie de técnico de alto nivel. En Hamburgo nunca dí clases; para eso se necesitaba la *venia legendi.* Stern estaba a punto de solicitar a la universidad que me otorgara ese permiso cuando ambos tuvimos que marcharnos huyendo de Hitler. Mi obligación era ayudar a Stern en las mediciones y más tarde diseñar algunos de los aparatos que utilizábamos en nuestras investigaciones.

Mi primer recuerdo del laboratorio es el de estar delante de algo así como un bosque de cristal, una especie de pesadilla del soplador de vidrio; tubos y bombillas y cilindros y bombas de mercurio, todo de cristal, con docenas de espitas unidas entre sí en un galimatías que se me antojaba tan falto de diseño como las ramas de un seto. Y allí estaba yo pasmado, viendo cómo Stern y su primer ayudante, Immanuel Estermann, accionaban llaves aparentemente sin ton ni son, cerrando ahora ésta, abriendo aquélla al cabo de unos segundos, y así durante un rato que a mí se me hizo como media hora. Pensé que aprender aquello me iba a ser más difícil que para una persona musicalmente negada tocar el órgano. Pero lo cierto es que al cabo de algunas semanas empecé a ver claro el asunto e incluso me parecía obvio qué llaves había que tocar y en qué orden.

Estermann me confesó que errores claro que se cometían y que había dos «experimentos» básicos que ningún físico podía realizar demasiado a menudo: uno era el de intentar bombear aire a través de una llave cerrada; el otro, empeñarse en crear un vacío habiendo dejado abierta una de las llaves que daban al exterior. La verdad es que no cometimos esos errores demasiadas veces.

Algunos meses después se fue Estermann con un permiso sabático y yo pasé a ocupar su puesto como segundo par de manos de Stern. Stern era más bien torpe, y una de sus manos sostenía además invariablemente un cigarro (salvo cuando lo llevaba en la boca), de manera que rehuía trabajar con instrumentos rompibles y dejaba que lo hiciesen sus ayudantes. Recuerdo aún su método cuando veía que algo se iba a caer: jamás hacía por cogerlo; se limitaba a alzar las manos con gesto de resignación y esperaba. Según me explicó, «se hace menos daño dejando que se caiga que intentando cogerlo».

Pero en un sentido superior, Stern era un experimentador soberbio. Cuando utilizaba un aparato nuevo no fiaba nada al azar. Calculaba todo de antemano y comprobaba cuidadosamente cada detalle del funcionamiento; él mismo se calculaba, por ejemplo, la intensidad del haz que

esperaba obtener, aunque era una operación larga y tediosa. La intensidad no podía predecirla con demasiada precisión; pero si se quedaba corta en más de un 30 por 100 concluía que algo fallaba y había que detectarlo. Jamás vi a nadie que llevara un control tan estricto de los instrumentos, y la verdad es que merecía la pena. Los experimentos que hacíamos eran, por lo general, tan difíciles que nadie más en el mundo los intentaba, lo cual nos permitía trabajar en una atmósfera extrañamente relajada. Una vez hallamos un fenómeno muy raro; no lo entendíamos y lo dejamos dormir durante un año con la esperanza



Otto Stern (1888-1969), físico alemán que convirtió el invento de los haces atómicos y moleculares (hecho por el francés Louis Dunoyer) en una herramienta versátil para estudiar multitud de problemas básicos de la física atómica.

de encontrar una explicación antes de decidirnos a publicarlo. (Dos años más tarde lo explicó un teórico inglés.) Pues bien, jamás se nos pasó por la mente que alguien pudiese hacer el mismo experimento y nos pisara tan importante resultado; y así fue.

En nuestros experimentos había normalmente que manipular varios controles a la vez, y era esencial que los dos, Stern y yo, trabajáramos muy conjuntados. Un visitante comentó en cierta ocasión el hecho de que se necesitaran tantos controles, y Stern respondió: «Sí, es una pena que perdiéramos hace millones de años nuestras colas prensiles; nos vendrían muy bien ahora.» A lo cual el otro replicó: «De nada le serviría, Stern, porque entonces haría usted aparatos todavía más complicados».

Es preciso que describa un poco por encima lo que estábamos haciendo. En cualquier gas (el aire, por ejemplo) las moléculas no paran de moverse; una molécula de aire sólo recorre en línea recta una fracción minúscula de milímetro antes de chocar con otra. A la presión atmosférica el aire está demasiado atestado de moléculas. Desde hacía unos cien años existían bombas para evacuar casi todo el aire de un recipiente, menos una millonésima del inicial; y en ese «vacío» las moléculas de aire podían recorrer algo así como 1 cm antes de chocar con otra. Hacia el cambio de siglo se perfeccionaron las bombas de vacío (en gran parte por necesitarse mejores vacíos en las primeras bombillas eléctricas), con lo cual fue posible dar a las moléculas gaseosas un recorrido libre de varios centímetros. El físico francés Louis Dunoyer logró demostrar en 1911 la posibilidad de conseguir un estrecho haz de moléculas (él utilizó átomos de sodio) que cruzasen el interior de un recipiente evacuado; cada átomo recorría en línea recta varias pulgadas, la longitud de su tubo de vidrio. Pero Dunoyer no cayó en la cuenta de que esos «haces moleculares» eran una potente herramienta de investigación para estudiar diversas propiedades de las moléculas.

Fue Stern, trabajando por entonces como físico teórico en Frankfurt, quien inició los experimentos para medir primero la velocidad media de moléculas gaseosas y des-

pués su deflexión por imanes de formas convenientes (diseñados por su colega Walther Gerlach), todo ello con el fin de estudiar sus propiedades magnéticas. Ese fue el trabajo —el experimento de Stern-Gerlach— que les hizo famosos, porque confirmó ciertas conclusiones harto insólitas de la teoría cuántica, que por aquel entonces era todavía joven. Stern vio que había muchos otros fenómenos que se podían estudiar de esa manera, y cuando consiguió la cátedra de Química Física en la Universidad de Hamburgo puso manos a la obra. Las investigaciones de su escuela se publicaron en una serie de artículos llamados U.Z.M. 1 a U.Z.M. 30, abreviatura del alemán *Untersuchungen zur Molekularstrahlmethode,* que significa «Investigaciones sobre el método de haces moleculares». En el U.Z.M. N.° 1 (1926) esbozó un programa de investigación que efectivamente cumplió en su mayor parte durante los siete años siguientes, hasta la llegada de Hitler. Su pasmosa intuición le permitió prever prácticamente todos los experimentos que eran factibles e importantes. Hoy día se le sigue considerando como el bisabuelo de los haces moleculares; yo sería uno de los abuelos, junto con algunos otros discípulos que difundieron el uso de esta versátil técnica de investigación. Es como una cosa de familia, y casi todo el mundo que trabaja con haces moleculares puede hallar el origen de su genealogía en Stern.

Permitidme que describa uno de los experimentos de Stern en el que participé. La idea de De Broglie de que un haz de electrones se comporta como un tren de ondas había quedado ya confirmada en 1927, al hacer chocar un haz contra la superficie de un cristal y comprobar que los electrones salían despedidos en ciertas direcciones concretas; la longitud de onda de los electrones, calculada a partir de esta «difracción», cuadraba con la fórmula de De Broglie. Pero un haz de átomos o de moléculas (compuestos de varias partes) ¿se difractaría también? Stern y su colaborador Immanuel Estermann habían hallado fuertes indicios de que sí; pero Stern quería hacer un trabajo de auténtica precisión y me pidió que colaborara cuando Estermann tomó su permiso sabático.

Los átomos de helio o moléculas de hidrógeno que utilizábamos salían de una bocacha y entraban en el vacío a velocidades que oscilaban alrededor de 1,6 km por segundo; para seleccionar átomos de una velocidad determinada copiamos el truco con el que el francés Armand Fizeau había medido la velocidad de la luz en 1849: «cortamos» el haz haciéndolo pasar por el borde de un disco metálico rotatorio en el que el técnico de instrumental había recortado laboriosamente 400 ranuras radiales. Cada ranura, al encontrarse con el haz, dejaba pasar algunos átomos; varios centímetros después encontraban éstos otro disco montado sobre el mismo eje, de manera que sólo aquellos átomos que tenían la velocidad deseada llegaban justo a tiempo de ganar otra ranura que les dejara pasar. Los átomos chocaban luego contra un cristal; algunos eran reflejados como en un espejo, otros difractados; el ángulo lo medíamos con un delicado detector móvil de haces que me encantaría describir; pero me refreno.

Al calcular Stern la longitud de onda del haz a partir de nuestras mediciones comprobó que difería de la fórmula de De Broglie en un 3 por 100. La mayoría de los físicos habrían echado las campanas al vuelo; Stern no. Había diseñado el aparato con una precisión del 1 por 100 y por lo tanto tenía que haber algún fallo, dijo muy serio. Dedicamos varios días a volver a medir todas las dimensiones; estaban todas bien. Como última esperanza me pidió Stern que comprobara si había realmente 400 ranuras; tras horas y horas de contar y recontar se confirmó lo increíble: el torno de precisión con el que se habían cortado las ranuras tenía un defecto y había 408. Esto eliminaba un 2 por 100 de la discrepancia; el 1 por 100 restante estaba dispuesto a aceptarlo.

Stern, sus cuatro ayudantes y otra gente del departamento de física solíamos ir juntos a comer. Stern gozaba de una posición económica desahogada y le gustaba comer bien; a nosotros también, pero teníamos que mirar más los precios. Después de frecuentar durante un tiempo un lugar barato, Stern nos convenció de que lo que daban allí no era digno de comerse y nos dijo que había encontrado

otro sitio donde la comida era mucho mejor y sólo ligeramente más cara. Pasado un tiempo llegaba uno de los jóvenes y decía que no podía permitirse el lujo de seguir comiendo allí y que había descubierto un restaurante donde la comida era casi igual de buena y mucho más barata. A Stern le divertía todo este trajín. En líneas generales cabría decir que sus características más notables eran su buen humor y su amabilidad. Era de estatura media y gordinflón, tenía pelo negro rizado, con claros en la parte de arriba, nariz carnosa y barbilla más bien larga; un rostro no atractivo de por sí, pero que lo era por su sonrisa radiante y la inteligencia que despedían sus ojos.

La conversación durante la comida giraba en torno a la física o el cine. Stern, que iba al cine prácticamente todas las noches y a veces se veía dos películas en un mismo día, solía quejarse de que ninguno de los periódicos de Hamburgo le quisiese dar trabajo como crítico de cine. Según él, podía hacerlo muy bien, y además de balde, porque el dinero no lo necesitaba y al cine iba a ir de todos modos. Así que cuando preguntábamos qué película se podía ver, Stern se reclinaba contra el respaldo de la silla con una sonrisa de felicidad y exponía su parecer sobre qué había de bueno y de malo en la cartelera. Cuando Hitler llegó al poder, Stern abandonó Alemania y se estableció en los Estados Unidos; luego se retiró a Berkeley, California, donde vivió hasta más de los ochenta años, tras salvarse de la muerte gracias a una operación de corazón. La muerte, cómo no, le sorprendió en la butaca de un cine.

A Stern no le gustaba trabajar hasta muy entrada la noche. Solíamos acabar a las seis, pero alguna vez, cuando las mediciones iban bien, nos quedábamos hasta más tarde; pasando de las siete se sobreentendía que luego me invitaba a cenar. Por lo general íbamos a uno de los mejores restaurantes de Hamburgo, sobre todo al *Halali* (que en Alemania es una llamada de los cazadores). En una de esas ocasiones recuerdo que nos acompañó el legendario Wolfgang Pauli, que estaba allí en una de sus visitas desde Zurich. Pauli era un hombre joven (tenía sólo algunos años más que yo), de aspecto regordete, que había causado sensación cuando, siendo aún estudiante, escribió lo que durante muchos años sería el mejor artículo sobre la teoría de la relatividad de Einstein; y había contribuido también mucho a establecer los fundamentos de la mecánica cuántica. Una extraña característica suya es que no



Wolfgang Pauli (1900-1958), físico teórico austríaco cuyo «principio de exclusión» puso orden entre los electrones y otras partículas. La existencia del neutrino, que Pauli predijo en 1930, quedó confirmada en 1956.

paraba de mecerse hacia adelante y hacia atrás, no sólo cuando estaba sentado, sino también al andar. Y como este movimiento de mecedora no estaba sincronizado con

sus piernas, tenía unos andares erráticos; durante unos cuantos pasos andaba muy deprisa, luego la oscilación se interfería con el movimiento de piernas y le hacía dar unos cuantos pasitos muy cortos.

La rudeza de Pauli para con sus colaboradores era cosa que se daba por descontada, formaba parte de su personalidad; nadie se molestaba si Pauli hallaba un error en su trabajo y le llamaba idiota e incompetente delante de todos. Ni siquiera Niels Bohr, a quien normalmente se le dispensaba un trato especial de cortesía, estaba a salvo de su sarcasmo, como en aquella carta dirigida a la esposa de Bohr en que decía: «...hace dos semanas me dijo usted que Niels contestaría a mi carta el jueves; no dijo qué jueves, pero una respuesta escrita cualquier otro día de la semana sería igual de bienvenida...».

Si tomarse el pelo es signo de amistad, entonces Stern y Pauli eran realmente buenos amigos. Pauli se lo tomaba a Stern sin saña. Recuerdo la primera vez que Stern nos llevó a Pauli y a mí al *Halali*. Pauli le dijo que eso sólo lo hacía por la mala conciencia del hombre rico que trata de aplacarla gastando sumas insignificantes en sus amigos menos afortunados. Pauli tenía labia y sabía ser mordiente, frente a lo cual Stern se limitaba a reír bonachonamente, sin tratar siquiera de justificarse.

Alrededor de Pauli se había tejido una vieja leyenda: el así llamado «efecto Pauli», que era una especie de mal de ojo; se decía que cuando Pauli aparecía cerca de un laboratorio, lo más probable es que ocurriese una calamidad: que saltara en pedazos un instrumento, o que explotara, etc. Una historia aseveraba que James Franck, que trabajaba en Gotinga, llegó al laboratorio una mañana y halló que el agua de refrigeración se había estropeado, que la bomba había estallado y que todo el suelo estaba cubierto de vidrios rotos; un desastre total. Su reacción inmediata fue poner un telegrama: PAULI ¿DONDE ESTABAS AYER NOCHE? La respuesta fue: VIAJANDO DE ZURICH A BERLIN (el tren pasaba por Gotinga). Naturalmente que no me creo ni una palabra de la historia, pero es típica de la leyenda. Otra vez invitaron a Pauli a visitar

el observatorio de Hamburgo, invitación que al principio rechazó diciendo que los telescopios eran instrumentos muy caros. Los astrónomos sonrieron y le aseguraron que el efecto Pauli no tenía ningún poder en el observatorio. Al entrar Pauli en la cúpula se oyó un estruendo ensordecedor: la enorme tapa de hierro de uno de los telescopios se cayó y se hizo pedazos sobre el suelo de hormigón.

Otra vez estaba yo trabajando en el laboratorio con nuestro soplador de vidrio, sentado en el suelo y sujetando parte de una pieza que íbamos a soldar al resto del instrumento con el soplete; una operación muy delicada. En ese momento se abrió la puerta y asomó Pauli la cabeza. Hice lo posible por conservar los nervios y no pasó nada.

Hamburgo es uno de los lugares en los que mi manía de silbar me reportó buenos resultados. Estaba yo silbando uno de mis Conciertos de Brandemburgo favoritos en el laboratorio de química, cuando uno de los químicos se volvió y me preguntó si tocaba el violín. Yo no tocaba bien, pero contesté que sí. Me pidió que tocara con él y con un grupo de amigos y de allí nació un largo vínculo con varias personas con las que me reunía una vez a la semana para tocar música de cámara, unas veces al violín y otras al piano. Así fue como trabé amistad con una persona altamente interesante: el arquitecto Otto Strohmeyer. Nunca conocí a nadie que reuniera en su persona mayor variedad de dotes. Era un arquitecto famoso, de su mano habían salido algunas esculturas impresionantes, hacía dibujos y siluetas recortadas (en cierta ocasión me contó que durante un tiempo se había ganado la vida por las tabernas recortando siluetas con papel negro y unas tijeras) y además tocaba varios instrumentos. Con nosotros tocaba el violoncelo, pero sé que tocaba también el órgano y el fagot. Su dominio de las matemáticas y de la astronomía era notable y sus conferencias divulgativas sobre estos temas eran excelentes; y por si fuese poco, no se le daba mal el verso ligero. Strohmeyer era nativo del sur de Alemania, de Baviera, y su acento bávaro me resultaba refrescante por recordarme a Austria, mi tierra natal; el acento hamburgués me parecía pomposo a su lado. Strohmeyer tenía

mucho éxito con las mujeres, aunque era pequeño de estatura y cojeaba porque tenía una pierna más corta que la otra.

Una de sus anécdotas merece la pena contarla aquí. Strohmeyer diseñó en cierta ocasión un gran techo autoportante para un cliente; el inspector de vivienda rechazó, sin embargo, el proyecto porque, según él, un techo de esas dimensiones tenía que llevar pilares, ignorando los cálculos estáticos de Strohmeyer. Tras hacer las modificaciones oportunas, volvió el inspector, vio los pilares en su debido lugar y dio el vistobueno; Strohmeyer fue entonces, cogió las columnas y las tiró a la basura: eran simulacros de cartón.

Había veces que después de tocar nuestra música de cámara hasta medianoche, y si nos sentíamos con ganas, nos embutíamos todos en su pequeño automóvil y nos íbamos a la Reeperbahn (literalmente «paseo de los estibadores»), el barrio chino de Hamburgo; no con intenciones inmorales, sino porque Strohmeyer conocía allí a cantidad de personajes curiosos, taberneros y artistas de toda especie, por haber trabajado en ese barrio cuando se ganaba la vida recortando retratos en cartulina. Recalábamos en un chigre, hablábamos con los clientes habituales, con las chicas, con los taberneros, a veces nos invitaba la casa, y así hasta las cuatro de la madrugada. A esa hora cerraban todos los bares, pero por suerte abrían otros locales donde servían una deliciosa sopa de pollo, que, no se sabe por qué, decían que iba muy bien para despejarse. Strohmeyer nos depositaba luego en casa, uno por uno.

En cierta ocasión había confesado yo, poco antes de medianoche, que estaba a punto de cumplir 28 años; tocamos el cuarteto de cuerda K. 575 de Mozart, una pieza especialmente festiva que siempre interpretábamos en los cumpleaños, y decidimos celebrarlo de la manera acostumbrada en la Reeperbahn. Strohmeyer me dijo entonces que tenía que ir a la frontera danesa por la mañana para recoger a su mujer y a su cuñada y me pidió que le acompañara. Así que después de llevar a todo el mundo a casa nos fuimos a su piso, nos tomamos una buena taza de café

y salimos a las siete de la mañana. Recogimos a otro joven arquitecto que trabajaba con Strohmeyer y los dos se fueron turnando al volante cada cincuenta kilómetros. Strohmeyer dormía a pierna suelta cuando no le tocaba conducir. Tardamos tres o cuatro horas en llegar a donde su mujer y su cuñada nos esperaban con tres grandes maletas y un perro inmenso. Mal que bien acomodamos todo en el coche e iniciamos el regreso, bajando esta vez por la parte báltica de la península de Jutlandia. Cerca de Kiel pinchamos, y a partir de allí el viaje se convirtió en una pesadilla. La rueda de repuesto no servía, así que cada media hora teníamos que parar y utilizar la bomba de aire. Eran las once de la noche cuando llegamos a Hamburgo y cerca de medianoche cuando finalmente aterricé en la cama. Pero a las siete de la mañana estaba ya en la pista de tenis, tal como había convenido con mi compañero de juego.

Nunca he tenido demasiada conciencia política. En Viena estuve durante un tiempo en una organización política estudiantil, pero lo único que hacía era trabajar en el comité de festejos y ayudar a organizar los bailes; en las pocas ocasiones en que participé en discusiones políticas me parecieron ridículas: hermanos que se dirigían solemnemente el uno al otro anteponiendo el tratamiento de «señor», reuniones para recibir a los delegados de otras organizaciones, etc. Nunca me lo tomé en serio. En cierta ocasión estuvimos esperando veintitantas personas a un delegado alemán cuyo tren llevaba retraso. Cuando por fin llegó, se dirigió uno por uno a todos nosotros, chocó los talones, estrechó la mano y dijo «Bock» (su apellido, que en alemán significa macho cabrío). Aquello ejerció un efecto hipnótico sobre mí, y cuando me tocó el turno respondí también «Bock» en lugar de «Frisch». El no hizo ningún comentario sobre la coincidencia de apellidos; probablemente pensaría que era poco digno hacerlo.

A principios de los años treinta, cuando estaba en Hamburgo, no me preocupaba para nada la atmósfera general de crisis que se respiraba; con sonrisa sarcástica observaba los continuos cambios de gobierno y la tan satiri-

zada ineptitud de Hindenburg, el famoso general que había sido nombrado presidente de la República. Tampoco presté mayor atención cuando un sujeto llamado Adolf Hitler comenzó a lanzar discursos y fundó un partido. Incluso cuando le eligieron canciller me limité a encogerme de hombros y pensé: ya se le bajarán los humos; peor que sus antecesores no será.

En eso me equivocaba, claro. Pronto se vio que su antisemitismo no era sólo de palabra, y cuando empezó a promulgar leyes raciales Stern vio con horror que tanto él como yo y otros dos colaboradores suyos éramos de origen judío. Los cuatro teníamos que marcharnos; sólo uno de sus ayudantes, Friedrich Knauer, por ser ario, podía seguir ocupando su puesto en la universidad. Lo cierto es que la universidad de Hamburgo, siguiendo las tradiciones de las ciudades hanseáticas libres, se mostró muy reacia a poner en vigor las leyes raciales, y a mí no me expulsaron sino varios meses después de que las demás universidades adoptaran la medida. Al principio pensé que podría beneficiarme de un Fellowship que me había concedido la Fundación Rockefeller (a petición de Stern) para trabajar en Roma durante un año, ocasión que había esperado con gran ilusión. En Roma había fundado Enrico Fermi un centro de investigación científica que estaba adquiriendo rápidamente fama, debido a su genialidad y a la de las personas de las que se había rodeado. Pero la beca ponía como condición que yo tuviera un puesto permanente al que volver; al entrar en vigor las leyes de Hitler, la Fundación Rockefeller me informó que en esas condiciones lamentaba no poder concederme la beca. Había que buscar otra cosa, y recuerdo cómo Stern se desvivió por encontrar un puesto fuera de Alemania para sus colaboradores. El mismo no se hallaba en grandes apuros; tenía dinero, era famoso y no tendría dificultades en encontrar empleo; en efecto, poco después marchó al Instituto Carnegie en Pittsburg y se llevó a Estermann consigo. Mi otro colega no ario, Robert Schnurmann, se fue a Inglaterra; la última vez que le vi era profesor en la Universidad de Birmingham.

En aquel verano fatídico de 1933, Stern fue a París y me dijo que intentaría encontrarme un puesto en el Institut du Radium, donde Marie Curie era la reina. A su vuelta, varias semanas después, me informó que Madame Curie no tenía sitio para mí, pero que había convencido a Paul Blackett en Londres para que me ofreciera trabajo, y que el recién fundado Academic Assistance Council (rebautizado después con el nombre de Society for the Protection of Science and Learning) me iba a dar una beca de 250 libras durante un año, cantidad nada desdeñable en aquel entonces.

Aquellos pocos meses, desde que supe que me tenía que ir hasta que realmente me fui, fue un período extraño. Pese a todas las incertidumbres logré acabar una investigación que se publicó con las siglas U. Z. M. N.° 30, el último trabajo de la serie; había medido la velocidad con que retrocede un átomo de sodio al emitir un cuanto de su luz amarilla característica, lo cual era una prueba muy directa del comportamiento corpuscular de los cuantos luminosos. Por la ciudad circulaban rumores de disturbios. Algunos de mis amigos judíos me habían advertido que no saliera de noche, que ya habían apaleado a varios. Recuerdo que una vez volvía de noche a casa cuando oí pasos apresurados en la calle vacía; lo primero que pensé fue si sería uno de esos cafres antisemitas. Salir corriendo me hubiese delatado enseguida, así que mantuve el ritmo aunque oía que los pasos se acercaban y, finalmente, se ponían a mi altura. Un joven corpulento en uniforme de la S. A. se quitó la gorra y me saludó con gran cortesía; era el hijo de mi patrona. Me explicó que había tenido que enrolarse en esta fuerza paramilitar porque de otro modo no le habrían dejado terminar sus estudios de Derecho; y había muchos que, como él, no simpatizaban con los nazis, pero tampoco podían permitirse el lujo de volverles la espalda.

Las continuas historias de los campos de concentración, de la quema de sinagogas, de palizas y torturas, las desmentían sistemáticamente los periódicos alemanes diciendo que era «propaganda de horror» instrumentada por los

enemigos de Alemania. Algunos de mis amigos me dijeron que las historias eran ciertas y que la realidad era incluso peor. Pero yo no me creía que Alemania hubiese cambiado de manera tan repentina y tan horrorosa, ni que todos los periódicos pudieran mentir sistemáticamente.

Niels Bohr me invitó en el verano de 1933 a su ya usual congreso de verano en Copenhague, que esta vez propuso utilizarlo como una especie de bolsa de trabajo que ayudara a encontrar empleo a los físicos que se veían obligados a abandonar Alemania. Recuerdo que viajé en tren desde Berlín, sentado enfrente de un joven de tez morena que tomé por italiano. Al cabo de un rato saqué una novela policíaca de Edgar Wallace para refrescar mis escasos



Homi J. Bhabha (1909-1966), perteneciente a una familia parsi, fue director del Tata Institute en Bombay y después presidente de la Comisión de Energía Atómica India. Murió en un accidente de avión.

conocimientos de inglés, idioma que había estudiado a los doce años y que no había vuelto a utilizar después. En cuanto lo vio me preguntó: «¿Es usted físico?» Sorprendido, repliqué: «¿Qué le hace pensarlo?» Y él: «Pues que lee a Edgar Wallace.» Estoy seguro que es falso suponer que sólo los físicos leen a Edgar Wallace; pero tenía razón, yo era físico. Lo cual confirma mi tesis de que un científico realmente bueno es aquél que sabe extraer conclusiones correctas a partir de premisas falsas.

El joven era Homi J. Bhabha, un apuesto indio perteneciente a una rica familia parsi; había estudiado en Cambridge y hablaba un inglés impecable. Más tarde, cuando viví en Copenhague, nos hicimos amigos; me introdujo en los últimos cuartetos de Beethoven y se enfadaba mucho cuando le decía que su gramófono iba demasiado deprisa y desafinaba. (El oído total, valioso como es para el cantante o el violinista, es una maldición para el simple oyente o para el pianista ante un piano desafinado.) Bhabha era también un pintor nada malo y un físico teórico de primera fila. Mi regocijo fue grande cuando un día me pidió que le explicara cómo funcionaba un contador Geiger; iba a ir a la India en barco la semana siguiente y quería medir la variación de los rayos cósmicos con la latitud. Le conté entonces la historia del chico que quería ser panadero y le dijeron que tenía que hacer un aprendizaje de tres años: uno para andar detrás de la mujer del maestro, otro para limpiar el horno y el tercero para aprender a hacer pan. Bhabha entendió y sonrió. Años después le nombraron director de la Comisión de Energía Atómica de la India. Murió al poco tiempo en un accidente aéreo, al estrellarse el avión contra una montaña.

La conferencia fue un galimatías: había mucha gente y muy poco tiempo para conocerla. Yo tuve que dar una de las charlas para informar de mi trabajo con Stern, y recuerdo que la tiza no paraba de rechinar, cogiese por donde la cogiese. Paul Ehrenfest, el famoso físico holandés que fue uno de los fundadores de la teoría cuántica, se dirigió a mí y me dijo: «Frisch, si no aprende usted a escribir sin rechinar, jamás llegará a profesor». Me avergüenza

decir que en ese momento no se me ocurrió el sencillo truco para conseguir que la tiza no rechine: basta con romperla en dos y desplazar así el sonido a la región ultrasónica, donde es inaudible.

En Copenhague oí por primera vez la opinión de que el incendio que había destruido el Parlamento alemán no había sido obra del comunista van der Lubbe, a quien se lo habían endosado, sino una provocación de los nazis para predisponer a la opinión pública contra los comunistas; la idea me dejó al principio asombrado, pero luego me pareció verosímil. Tras mi regreso a Hamburgo, mi colega Knauer, el único de nuestro equipo que podía quedarse en Alemania, me invitó a cenar a su casa y me preguntó qué decía la gente en el extranjero acerca del incendio. Aunque Knauer era ahora nazi, nunca dejó que el antisemitismo del partido menoscabara nuestra amistad. Knauer era delgado y activo, miembro de un club de judo, y había hecho el trayecto desde Bohemia hasta Hamburgo en canoa, por el Elba. De cuando en cuando salíamos en su embarcación y una vez fue remando pacientemente a mi lado mientras yo me cruzaba a nado el Elba, que en aquel lugar tenía una milla de ancho. Todavía no había decidido cómo bautizar a su canoa; quizá «Atomo», dijo. Cuando le sugerí el nombre de «dipolo» (una cosa con cargas eléctricas opuestas en los dos extremos) se sonrojó. A mi vuelta, después de la guerra, se había casado.

Como el asunto del incendio me disgustaba, traté de no complicarme la vida y hablar de otras cosas. Pero él insistió, y entonces le conté que la gente estaba convencida de que el incendio lo habían provocado los nazis por razones políticas. Knauer se mostró horrorizado. «¿Pero cómo puede alguien pensar una cosa así de personas como Hitler y Goering? ¡Si basta con mirarles la cara!» Yo, por mi parte, no pensaba que Hitler y Goering tuviesen un rostro que inspirara confianza en su benevolencia; pero volví a contenerme y abandoné la conversación. Knauer conservó hasta el final su actitud amistosa y servicial hacia mí e incluso me facilitó la salida de Alemania encontrándome un pequeño carguero que iba a Londres y que tenía un camarote para un pasajero.

En esta cáscara de nuez abandoné Alemania un día tormentoso de octubre de 1933, con todas mis pertenencias empaquetadas en varias maletas que no paraban de danzar por el camarote al compás de la marejada del Mar del Norte, mientras yo me aferraba a mi camastro, incapaz de dormir. Al entrar en el Támesis se calmó el barco; me senté en cubierta y me dediqué a contemplar el llano paisaje y luego los muelles y la ciudad de Londres, hasta que, finalmente, atracamos cerca de Greenwich. Después de esperar a que el funcionario de inmigración subiera a bordo, le enseñé el pasaporte y me preguntó: «¿Tiene usted permiso de trabajo? Lo necesita para encontrar empleo en Inglaterra.» Le contesté que no tenía trabajo, que sólo tenía una beca. «Una beca es un nombre aristocrático para un trabajo, de manera que necesita usted un permiso.» Le pregunté que cómo lo podía conseguir. «Déle al mozo media corona y dígale que baje a tierra a telefonear a su profesor; vea qué puede hacer.» La fórmula fue mano de santo; al cabo de dos horas el funcionario de inmigración volvió con el sello, dejándome entrar en el país.

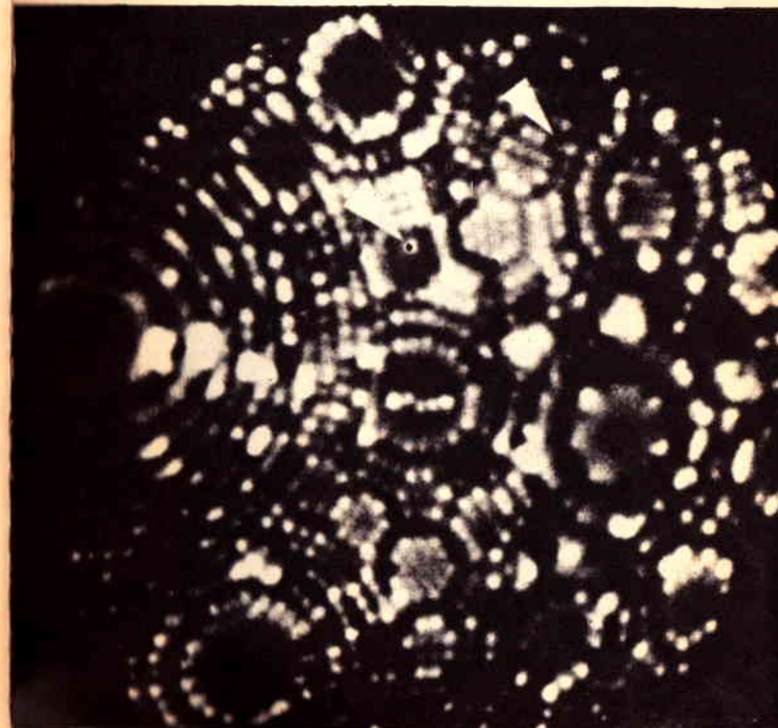
Núcleos

Los átomos no son en realidad tan pequeños, sólo mil veces más que los microbios que uno puede ver con un microscopio óptico. Un microscopio iónico permite ver con gran claridad la maravillosa disposición regular de los átomos en la punta de una aguja. Los núcleos atómicos sí son, en cambio, verdaderamente pequeños. Pensemos en algo mil veces menor que un átomo y todavía no estaremos en el tamaño de un núcleo; hace falta todavía bajar por un factor de 20, más o menos. Si ampliáramos un átomo hasta el tamaño de un autobús, el núcleo sería como el punto de esta *i*.

No son pocas las cosas que dependen de la casualidad, incluso en la ciencia. Una vez, cierto científico guardó unas placas fotográficas en una caja y puso ésta cerca de un tubo de vacío, dentro del cual provocaba descargas eléctricas; al comprobar que las placas se velaban, las guardó en otro lado y perdió la ocasión de descubrir los rayos X. Konrad Wilhelm Röntgen, que trabajaba en Würzburg, fue más observador; comprendió que las des-

cargas eléctricas producían rayos invisibles que podían atravesar materiales opacos como el cartón o la carne humana, y después de algunas semanas de febril investigación publicó sus sorprendentes resultados justo antes de las Navidades de 1896.

Aquello fue la mayor sensación del siglo, y lo que más pareció preocupar a los periódicos era la posibilidad de que estos indiscretos rayos pudiesen burlar el recato de las damas. Otros físicos intentaron hallar rayos penetrantes



Átomos de un metal de la punta de una aguja, tal como aparecen al microscopio iónico. Para formar la imagen se utilizan átomos de un gas que, al chocar contra la punta (cargada positivamente), pierden un electrón, salen despedidos radialmente e inciden sobre una película fotográfica de área mucho mayor.

que provinieran de otras fuentes, y entre multitud de dudosos hallazgos prevaleció el de Henri Becquerel en París: el uranio y sus compuestos eran «radiactivos», fuentes aparentemente inagotables de rayos que, al igual que los X, podían atravesar materiales opacos, ennegrecer placas fotográficas y facilitar el paso de electricidad por el aire.

Pierre y Marie Curie, también en París, confirmaron todo esto, pero comprobaron que los minerales de uranio eran más radiactivos que lo que podía explicar su contenido en uranio; buscaron el motivo y hallaron pequeñas trazas de otras sustancias radiactivas (no detectables con la química ordinaria) que llamaron polonio (en honor de Polonia, patria de Marie Curie, cuyo apellido de soltera era Sklodowska) y radio. Otros investigadores se unieron a la



Marie Curie (née Sklodowska) (1867-1934). Junto con su marido, el francés Pierre Curie, descubrió en 1898 el radio y el polonio. Su hija y su yerno, Irene y Frederick Joliot, descubrieron en 1933 todo un mundo de sustancias «artificialmente» radiactivas.

búsqueda y en cuestión de unos años hallaron una docena larga de otras sustancias radiactivas.

Al mismo tiempo se vio que las radiaciones eran de varias clases. Las más penetrantes, parecidas a los rayos X, atravesaban gruesas placas metálicas y se las llamó rayos gamma; los rayos beta lograban atravesar láminas finas de metal y además eran desviados por los campos magnéticos, igual que los electrones, cuya existencia en descargas eléctricas había establecido J. J. Thomson en 1897. Los menos penetrantes, los rayos alfa, se detenían ante unos cuantos centímetros de aire o una hoja de papel. Rutherford, sin embargo, los estudió con especial interés porque los campos magnéticos los desviaban en la dirección contraria, lo cual demostraba que tenían carga eléctrica positiva y que quizá eran átomos que habían perdido uno o dos electrones. En 1908 tenía ya Rutherford pruebas concluyentes de que los rayos alfa eran átomos de helio que habían sido expulsados de un átomo radiactivo a varios miles de kilómetros por segundo y habían perdido dos electrones cada uno. Lo que no sabía aún es que dos electrones era lo más que podía perder un átomo de helio, es decir, que los rayos alfa eran ni más ni menos que núcleos de helio que viajaban a varios miles de kilómetros por segundo.

Todos estos rayos hacían que ciertas sustancias químicas resplandecieran en la oscuridad; pero los alfa hacían además que el sulfuro de cinc chispeara, como se comprobó en 1903 en dos laboratorios y de forma independiente. Los últimos escépticos se convencieron de que los átomos eran reales (lo mismo que unas salpicaduras espontáneas en un lago en calma convencen al pescador más pesimista). La ilusión de poder ver los átomos dio lugar al espintariscopio, un juguete que consistía en una gran lupa, una capa de sulfuro de cinc y una traza de polonio, por ejemplo.

Para Rutherford tenía, sin embargo, una importancia más profunda: contó una a una las chispas («centelleos»), es decir las «partículas alfa» en que consistían los rayos alfa, y sentó así las bases cuantitativas del asunto. Y estudió tam-

bién las deflexiones aleatorias que sufrían las partículas alfa al atravesar láminas finas de metal, con la esperanza de averiguar algo acerca de la estructura de los átomos correspondientes. La mayoría de las partículas se desviaban muy poco, lo cual concordaba con la idea que se tenía acerca de la estructura atómica. Pero algunas salían despedidas con un ángulo muy grande, incluso mayor que 90 grados. Según palabras del propio Rutherford, aquello era tan sorprendente como disparar un cañón contra una hoja de papel y que la bala rebote hacia atrás.

Durante varios días no paró de darle vueltas a la idea de que en esos átomos tenía que haber alguna fuerza increíblemente intensa. Se pensó que los átomos eran conglomerados difusos de electricidad positiva, en los cuales los electrones estarían incrustados como las pasas de un pastel. Pero en ese caso dejaría pasar la mayoría de las partículas alfa sin apenas desviarlas y no podría rechazar algunas hacia atrás violentamente, porque los electrones son muy ligeros y las partículas alfa los barrerían sencillamente a un lado.

Visto desde la perspectiva actual es muy simple. El átomo no es como un pastel; en su mayor parte es espacio vacío, y casi toda su masa está concentrada en un pequeño volumen en el centro. Este «núcleo» tenía que portar una carga eléctrica positiva para compensar la negativa de los electrones. Las partículas alfa —núcleos de helio— pasaban normalmente a cierta distancia del núcleo de un átomo y sufrían tan sólo una desviación pequeña; eso explicaba las deflexiones menores. Pero de cuando en cuando, y por pura casualidad, había una partícula alfa que chocaría de frente contra un núcleo y experimentaría una repulsión eléctrica total con una fuerza que podría llegar a ser de una libra aproximadamente, lo cual, para una partícula tan ligera, es una fuerza enorme, suficiente para detenerla y hacer que retroceda. Rutherford hizo un cálculo muy sencillo para averiguar cuántas partículas alfa se desviarían más de cierto ángulo; cuando contó los centelleos y lo comparó con las cifras teóricas vio que concordaban; el modelo se ajustaba a los hechos.

Ya he contado cómo Niels Bohr aplicó el principio cuántico de Planck a los electrones que rodean al núcleo, y cómo, gracias al trabajo de muchos, se descubrió la estructura del átomo, es decir, de qué manera los electrones ocupan ese gran volumen vacío (grande comparado con el núcleo) que llamamos «átomo». En cuanto al núcleo propiamente dicho, Rutherford dijo al principio que la exploración de su estructura sería la tarea de la siguiente generación; pero ardía en deseos de explorarla él mismo y tenía alguna idea de cómo hacerlo.

Una de esas ideas, e importante, tenía que ver con las nuevas sustancias radiactivas, que eran un engorro para los químicos: había demasiadas para acomodarlas todas en la tabla periódica de los elementos, tan ordenada y definitiva como parecía; y había algunas que mostraban un comportamiento idéntico y que no podían ser separadas por técnicas químicas. El químico inglés Frederick Soddy disipó en 1913 una sospecha que había ido tomando cuerpo y creó la palabra «isótopos» para designar sustancias que eran químicamente idénticas pero que tenían propiedades radiactivas diferentes (o sencillamente pesos atómicos distintos). Al mismo tiempo, los físicos demostraron que algunos elementos comunes, como el cloro o el cobre, eran mezclas de dos o más especies de átomos con pesos diferentes, es decir, mezclas de dos o más isótopos.

Estos resultados apoyaban, curiosamente, la idea centenaria de que todos los átomos son aglomeraciones de átomos de hidrógeno, resistentes a las herramientas del químico. La idea databa de la época en que se crearon los números atómicos y se observó que muchos de ellos eran aproximadamente números enteros. Pero, por desgracia, algunos no lo eran, de manera que la idea parecía errónea. Ahora se vio que esas excepciones eran mezclas de dos o más isótopos; el cloro, por ejemplo, resultó que contenía dos clases de átomos, de pesos atómicos 35 y 37, mezcladas en la proporción de 3 a 1, lo cual explicaba ese peso atómico de 35,5 que habían hallado los químicos. La idea había surgido mucho antes; ahora existían pruebas: un campo magnético era capaz de separar una corriente de

iones en varios haces según su peso, al pasar el haz principal a gran velocidad por un vacío. Estos «espectrógrafos de masas» adquirieron enseguida suficiente precisión para obtener cifras muy exactas.

Desde 1911 se creía que prácticamente todo el peso de un átomo residía en su núcleo; el núcleo más ligero, el de hidrógeno, sería entonces el ladrillo básico y por eso recibió el nombre especial de protón (que en griego significa «primero»). Parecía, pues, que el peso atómico era el número de protones que había en cada núcleo de un isótopo dado. Pero de esa manera el núcleo tendría una carga positiva dos veces más grande que lo que indicaban las mediciones de Rutherford; había que suponer que los núcleos contenían también electrones, cuya carga eléctrica negativa contrarrestaría en parte la carga positiva de los protones. De los dos isótopos del cloro, por ejemplo, el más ligero tendría 35 protones y 18 electrones en cada núcleo; los núcleos del más pesado consistirían en 37 protones y 20 electrones, dando así la misma carga de 17 unidades que confería a ambos isótopos las propiedades químicas del cloro, el elemento 17 de la tabla periódica.

Vemos, pues, cómo se dibujaban ya los principios de una estructura del núcleo; lo que se ignoraba era su tamaño, de la misma manera que a mediados del siglo XIX los químicos tenían una idea bastante buena de la estructura de algunas moléculas pero no de sus dimensiones. A Rutherford le constaba que lo que hacía retroceder a las partículas alfa era la repulsión eléctrica de los núcleos en los panes de oro y plata, sin que aquéllas llegaran a tocar a los núcleos propiamente dichos. Estos tenían que ser, por tanto, menores que un cierto tamaño; la cuestión era saber cuánto menores.

Luego vino la guerra de 1914-18. Los submarinos alemanes trataron de sitiar a Inglaterra por hambre, y Rutherford y otros científicos dedicaron todo su tiempo a inventar dispositivos detectores de submarinos. Al terminar la guerra volvió a sus queridas partículas alfa y demostró que al pasar por nitrógeno gaseoso se observaba de vez en cuando un protón rápido. Era como si la repulsión

de un núcleo de nitrógeno, mucho más débil que la de uno de oro o de plata, no pudiese impedir de cuando en cuando una colisión, lo cual demostraba que al menos los núcleos de nitrógeno contenían protones; la frecuencia de las colisiones daba, a su vez, cierta idea del tamaño de los núcleos. Los protones tenían además un poder de penetración mucho mayor que las partículas alfa que los liberaban. Era como si un ligero golpe hubiese puesto en libertad un resorte enrollado. «El átomo ha sido escindido», dijeron los periódicos; se había liberado la energía de los núcleos atómicos. Se calculó que con la energía nuclear de una onza de nitrógeno, el *Queen Mary* podía cruzar varias veces el Atlántico.

Sólo había una pega, y es que no se sabía cómo apuntar las partículas alfa contra los núcleos de nitrógeno; la mayoría de ellas fallaban el blanco, gastaban su energía en apartar los electrones del camino y se convertían así en átomos de helio inservibles. Como dijo Einstein, era «como cazar gorriones a oscuras». Cada impacto liberaba una energía varias veces superior a la del proyectil, pero ¿de qué servía, si había que disparar millones de veces para dar una en el blanco?

Con todo, no dejaba de ser una pista importante, de manera que los físicos de otros laboratorios empezaron a repetir y ampliar el experimento de Rutherford. Tal y como se esperaba, los únicos núcleos que producían protones al bombardearlos con partículas alfa eran los ligeros; la repulsión eléctrica de los núcleos pesados era tan fuerte que impedía las colisiones. La técnica era bien sencilla: se necesitaba una fuente de partículas alfa, por ejemplo una capa fina de polonio (que es ideal, porque apenas emite otra cosa que rayos alfa), una capa del elemento que se deseaba bombardear (o de un compuesto adecuado), una capa de sulfuro de cinc con una gran lupa para observar los centelleos, y algunas láminas de mica o de metal que, intercaladas en la trayectoria de las partículas emitidas, permitían medir su poder de penetración.

Ahora bien, los centelleos no son fáciles de observar. En primer lugar hay que sentarse media hora en plena oscuri-

dad para que el ojo se sensibilice; aún así se pasarán por alto algunos centelleos si llegan demasiado seguidos —más de cincuenta por minuto, por ejemplo— y el observador «se inventará» otros si llegan menos de uno por minuto. Con frecuencias tan pequeñas hace falta mucho



John D. Cockcroft (1897-1967) y George Gamov (1904-1968) hacia 1930. Cockcroft, inglés, fue el primero que (junto con Walton, ambos Premio Nobel en 1951) rompió el núcleo con protones acelerados artificialmente; recibió el título de «Sir» en 1948. Gamov fue el teórico ruso (luego ciudadano de los EE.UU.) que le convenció de que el experimento merecía la pena.

tiempo para lograr buenas estadísticas, y los errores subjetivos pueden ser muy serios. No sé cómo escapé al destino de tantos estudiantes de física en Viena que tuvieron que hacer turnos, en absoluta oscuridad mental y física, para contar destellos; y para garantizar la objetividad de los resultados se les ocultaba incluso qué era lo que estaban contando... Aunque no servía de nada, porque los estudiantes intuían la satisfacción de sus superiores al obtener cifras altas, y en la atmósfera frenética del «superaremos a los ingleses» se publicaron artículos que durante un tiempo convirtieron a Viena en el *enfant terrible* de la física

nuclear. Estaba claro que se necesitaba un método objetivo, rápido y fiable de contar partículas.

Los medios estaban al alcance de la mano: las válvulas de radio estaban inventadas (en parte como producto de los intereses militares de la guerra del 14) y se iban perfeccionando poco a poco. A principios de los años veinte producían todavía mucho «ruido» (salida irregular) y no aislaban suficientemente bien; pero hacia el año 1930 había ya algunas que servían para amplificar los pequeñísimos impulsos de corriente eléctrica que producía una partícula alfa o un protón al pasar por el aire entre dos electrodos (piezas de metal con cargas eléctricas contrarias) en una «cámara de iones». El aire (como cualquier gas) es un buen aislante; pero una partícula alfa o un protón rápido, al ir apartando electrones a su paso, deja atrás un rastro de iones —átomos y moléculas eléctricamente cargados— que son atraidos hacia los electrodos y dan lugar a un breve impulso de corriente eléctrica. Estos impulsos, amplificados por válvulas, podían luego contabilizarse en un contador (parecido a los de los taxis).

Estos avances técnicos fueron decisivos. Hacia mediados de los años treinta no eran nada raras las tasas del orden de millares por minuto, y lo que de otro modo hubiese requerido años de trabajo se podía hacer ahora en semanas. El tamaño de los impulsos en la cámara de iones permitía además estimar el número de iones formados por cada partícula, y a partir de ahí su energía.

Al principio no era posible contar rayos beta (electrones rápidos). Los rayos beta también dejan detrás un rastro de iones, pero menos denso y más largo, y los centelleos a que dan lugar son muy difusos e imperceptibles. Hans Geiger había trabajado, allá por el año 1909, con contadores eléctricos en el laboratorio de Rutherford. De vuelta a Alemania inventó el «contador Geiger», que produce y registra una pequeña descarga eléctrica aunque la partícula no genere más que unos cuantos iones al pasar. Era un dispositivo muy simple —un tubo de vacío con un hilo cargado positivamente a lo largo de su eje— que no tardó en aparecer en muchos laboratorios. Para el hombre de la

calle se convirtió en el símbolo del físico atómico (en realidad nuclear), lo mismo que la pluma lo es del escritor, aunque la mayoría usan máquina de escribir o magnetófono. Hoy día, el contador Geiger está tan muerto como la pluma, aunque sobreviven algunos ejemplares en los laboratorios escolares. El método actual de contar centelleos producidos por rayos beta es con fotocélulas sensibles, un sistema más rápido y más fiable. Pero no adelantemos acontecimientos.

Entretanto se observó con sorpresa que los núcleos de algunos elementos ligeros, en particular el berilio —un metal ligero, duro y plateado—, no podían escindirse, o al menos no producían protones al bombardearlos con partículas alfa. En lugar de protones emitían, tal como comprobó Walther Bothe en Heidelberg en 1930, una radiación débil pero muy penetrante que podían ser rayos gamma «duros», es decir, rayos X de longitud de onda muy corta y energía cuántica muy alta. Pero cuando Irene Curie (la hija de Marie Curie) y su marido Frederic Joliot midieron en París la capacidad de diversas sustancias para detener esos misteriosos rayos del berilio, hallaron con sorpresa que la cera tenía el poder contrario: al pasar por cera, los rayos parecían adquirir más fuerza.

El matrimonio Curie-Joliot adivinó la explicación: la cera contiene cantidad de hidrógeno, y era evidente que los rayos eran capaces de comunicar a los núcleos de hidrógeno (protones) un rápido movimiento; estos protones rápidos, al salir de la cera, producían aún más iones en el aire, de manera que la radiación parecía más intensa. Con ayuda de una cámara de Wilson, el equipo de París demostró que de la cera salían, efectivamente, protones rápidos; pero seguían en la idea de que los «rayos de berilio» eran rayos gamma. A los teóricos que dudaban de esa explicación se les prestaba poca atención en el laboratorio Curie.

Los resultados de París causaron gran revuelo en el laboratorio Cavendish de Cambridge, donde Rutherford había trabajado desde 1916. ¿No se trataría del «neutrón», el protón sin carga eléctrica sobre el que especulara Rutherford ya en 1920? Los intentos que se habían realizado para detectarlo no habían dado fruto. Era de esperar que la partícula atravesara pulgadas enteras de materia sólida, porque al no tener carga ignoraría los electrones que hallara a su paso y sólo se detendría al chocar contra un núcleo: ¡justamente lo que hacían los «rayos de berilio»!

Los físicos de Cambridge, como digo, estaban tras las huellas del neutrón y tenían además las herramientas precisas: cámaras de iones con las que James Chadwick podía medir cuántos iones creaban diversos núcleos (como los de H_2 u O_2) tras ser golpeados y puestos en movimiento por los rayos de berilio. A partir de ahí logró demostrar que los «rayos» eran en realidad partículas rápidas que pesaban más o menos lo que un protón, pero que carecían de carga.

Alguien me contó que Rutherford, hablando luego con Joliot, le preguntó: «¿Pero no te diste cuenta de que ante tí tenías esos neutrones de los que hablé en mi conferencia Baker en 1920?» Y Joliot le contestó: «Es que no llegué a leerla; pensé que sería el habitual despliegue de oratoria, sin ideas nuevas». Se equivocó. Pero Joliot se desquitó dos años más tarde, cuando él y su mujer descubrieron la radiactividad artificial, fenómeno que se le había pasado por alto a Rutherford (admitido por él mismo) por mirar en la dirección equivocada.

El descubrimiento de que los neutrones podían ser golpeados y expelidos de los núcleos hizo pensar en la posibilidad de que se hallasen presentes dentro de ellos. Ya no era necesario suponer (en conflicto con la teoría cuántica) que los núcleos contenían electrones. El núcleo del isótopo cloro-35, pongamos por caso, podía consistir en 17 protones y 18 neutrones; el núcleo de cloro-37 contendría dos neutrones más. Este modelo tan sencillo es el que se sigue aceptando universalmente.

Pero los rayos beta, esos electrones rápidos que emitían ciertas sustancias radiactivas, ¿no probaban que en algunos núcleos atómicos había electrones? El neutrón ¿no sería una unión íntima entre un protón y un electrón, tal y como había conjeturado Rutherford? La idea sobrevivió hasta que, más avanzado el año 1932, se descubrió que

también existían electrones cargados positivamente, que enseguida pasarían a llamarse positrones. El protón ¿no sería una unión íntima entre un neutrón y un positrón? ¡Las dos cosas no podían ser ciertas a la vez!

Heisenberg sugirió considerar el protón y el neutrón como dos estados diferentes de la misma entidad, a la que se le dio el nombre de *nucleón*. Los núcleos emisores de rayos beta que se dan en la naturaleza contienen demasiados neutrones —o lo que es lo mismo, demasiados nucleones en estado neutro—, de manera que tienden a convertir uno de ellos en un protón para mejorar el equilibrio. La unidad adicional de carga positiva no puede venir, como es lógico, de la nada; tiene que ser equilibrada por una carga igual pero negativa, que es expelida del núcleo en la forma de un electrón beta. Los núcleos «artificialmente» radiactivos que se descubrieron en 1934 tenían demasiados pocos neutrones; el equilibrio se restablecía a base de convertir uno de los protones en un neutrón y crear un positrón para compensar la pérdida de carga eléctrica.

El descubrimiento del positrón es una historia apasionante. El escocés Charles T. R. Wilson, interesado en las diminutas gotitas que forman las nieblas y nubes tan características de su tierra, halló que los iones (átomos y moléculas eléctricamente cargados) tendían a atraer al agua y formar gotitas. Expandió súbitamente un recipiente lleno de aire húmedo y logró crear, durante una fracción de segundo, aire sobresaturado de humedad, la cual se condensaba en forma de gotitas de agua allí donde hubiese un ión. Si durante esa fracción de segundo pasaba por la «cámara de niebla» (o cámara de Wilson) una partícula alfa o beta rápida, el rastro de iones que dejaba ésta se hacía visible en la forma de una sucesión de gotitas.

Al principio pareció que aquello iba a ser un juguete de cuatro días, una manera de hacer visibles estas rápidas partículas submicroscópicas, igual que un avión que vuela muy alto delata su presencia por el rastro de vapor que deja. La técnica tenía su intríngulis y, pasado el primer momento de euforia, cayó en desuso durante diez años.

Sin embargo, a medida que los físicos aprendieron las precauciones debidas para que funcionara con garantías, la cámara de niebla fue hallando su lugar. Las pantallas de centelleo, las cámaras de iones y los contadores Geiger permitían sin duda contar grandes cantidades de partículas nucleares, pero era un poco como el juego de las veinte preguntas: sólo se puede contestar sí o no, y para reunir información significativa hay que hacer demasiadas preguntas. En la cámara de niebla, por el contrario, basta una sola expansión certera para obtener una instantánea de lo que ha ocurrido en la cámara en ese momento. Los detalles son altamente informativos y a menudo sorprendentes, lo cual compensa por la molestia de tener que construir un aparato bastante complejo y delicado y esperar un minuto o más después de cada expansión hasta que se disipe la perturbación. La cámara de niebla de Wilson se fue haciendo cada vez más indispensable como instrumento para averiguar qué fenómeno había ocurrido, mientras que los contadores se reservaban para acumular los grandes números que eran necesarios para una estadística precisa, una vez entendido cualitativamente el proceso.

A principios de siglo se descubrió que algunos iones se formaban en el aire aun en ausencia de toda radiación conocida, y el austriaco Victor Hess, trabajando con instrumentos instalados en un globo, halló que su número aumentaba con la altitud. Poco a poco se fue viendo que del espacio exterior llovía sobre la tierra, día y noche, una radiación cósmica. Hacia finales de los años veinte se observó que las cámaras de niebla mostraban de vez en cuando una traza causada aparentemente por un electrón muy rápido. Si se colocaba la cámara en un campo magnético se obtenían trazos curvos, porque el campo desviaba a la partícula. La dirección de la curvatura indicaba si la partícula era positiva o negativa, y en algunos casos parecía que la carga era de signo más; pero también podían ser electrones corrientes que viajasen en sentido contrario, cosa que no se puede deducir de la traza.

Carl D. Anderson fotografió en 1933 el primer rastro de un electrón cuya carga era indudablemente positiva. La se-

guridad acerca del signo de la carga provenía de una placa de plomo que Anderson había colocado en la cámara: el electrón, al pasar por ella, perdía energía, de manera que la traza era más curvada a la salida que a la entrada; de esa manera no había duda acerca de la dirección de la partícula. Patrick M. S. Blackett, en Londres, consiguió poco después fotografías que mostraban un ramillete de trazos, unos curvados hacia la derecha, otros hacia la izquierda, lo cual era una prueba clara de la emergencia simultánea de electrones positivos y negativos de la pared de la cámara.

Lo sorprendente no era el descubrimiento de los positrones en sí, sino el hecho de que no se hubiesen descubierto antes; porque lo curioso es que habían sido fotografiados muchas veces, pero siempre se había llegado a la conclusión de que las pruebas eran poco convincentes. Pese a que la teoría de Dirac había predicho en 1928 la existencia del positrón, la mayoría de los experimentadores dieron poco crédito a esas «especulaciones matemáticas». Los físicos experimentales somos realmente una banda de desconfiados que ni siquiera nos fiamos de lo que tenemos delante de las narices.

Londres, 1933-1934

Allí estaba yo, en Inglaterra, el país tan admirado por Goethe y que yo me esperaba verlo poblado todo él por superhombres. Y había detalles que parecían confirmarlo. Recuerdo, por ejemplo, mi gran admiración por aquellos peones camineros que indefectiblemente se enfundaban en sus americanas antes de hincarle el diente al bocadillo, lo cual confirmaba, de algún modo, lo que había oído acerca de la costumbre de «vestirse para la cena». (El verdadero motivo probablemente era que estábamos en octubre y tenían frío.) Mi jefe era una persona que imponía y agradaba a la vez: un hombre alto, de rasgos vigorosos, que me saludaba con un apretón de manos cada vez que nos veíamos por la mañana en el laboratorio. Tardé semanas en descubrir que los ingleses no hacen eso por regla general; Blackett lo hacía para que me sintiera como en casa. Más tarde fue presidente de la Royal Society y murió siendo ya Lord; en 1933 era jefe del departamento de física de Birkbeck College, que estaba situado en un gran y vetusto edificio cerca de Fetter Lane, en el barrio de los abogados.

Era una universidad para estudiantes que trabajaban y que asistían a cursos vespertinos; el departamento de física, que tenía laboratorios en el sótano y en el último piso, durante el día se destinaba por entero a la investigación. Aprendí a subir corriendo los cuatro pisos en 35 segundos y a bajarlos en 25.

En el equipo de Blackett no había casi ningún inglés y, si me apuran, tampoco dos de la misma nacionalidad, de manera que entre nosotros nos solíamos llamar en broma la Sociedad de Naciones. La cocina inglesa no nos tenía demasiado maravillados, y mucho menos los restaurantes



Patrick Maynard Stuart Blackett (1897-1974). Fue oficial de la Marina inglesa, se pasó luego a la física (Premio Nobel en 1948), fue discípulo de Rutherford y más tarde inició el estudio del magnetismo de rocas. Fue presidente de la Royal Society en 1965 y adquirió título nobiliario en 1969.

baratos, de los que solía emanar un fuerte tufo a carnero hervido. Con todo, yo no iría tan lejos como mi amigo Fritz Houtermans, quien una vez afirmó en público que los ingleses eran un país pobre que vivía de los residuos de la industria de la lana. Preferíamos, como es lógico, los

restaurantes franceses e italianos, a los que solíamos ir en verdaderas manadas de doce o más. Al despedirnos luego en la calle pensaba yo a veces si los de la barriada no alquilarían balcones para asistir al extraordinario espectáculo que ofrecían doce personas dándose sesenta y seis apretones de manos antes de tirar cada uno por su camino. Todos andábamos muy ocupados en estudiar inglés, y recuerdo que en una ocasión, como seis meses después de nuestra llegada, nos pusimos a comprobar nuestro vocabulario. Cogimos el Shorter Oxford Dictionary y, eligiendo páginas al azar, leímos todas las palabras para ver cuántas sabíamos definir. Con sorpresa comprobamos que conocíamos aproximadamente la mitad de ellas. Como el diccionario contenía unas 50.000, dedujimos con gran alborozo que cada uno de nosotros dominaba ya unos 25.000 vocablos del idioma inglés; nada mal para seis meses, pensamos.

A Fritz Houtermans le conocía de Berlín, pero en



Fritz Houtermans (1903-1965), físico de ascendencia austro-holandesa que no llegó a obtener el éxito que merecía su originalidad. (Caricatura del autor.)

Londres tuve ocasión de ver mucho más de esta especie de águila imponente, medio judío y comunista, que había escapado por muy poco de la Gestapo. Su padre era holandés, pero él estaba muy orgulloso del origen judío de su madre, y a los comentarios antisemitas solía contestar: «Cuando tus antepasados vivían todavía en los árboles, los míos estaban ya cansados de hacer cheques.» Houtermans rebosaba de ideas brillantes; tenía un profundo conocimiento de la teoría cuántica y fue uno de los primeros en aplicarla a los núcleos atómicos.

En Inglaterra trabajó en el laboratorio de investigación de «La Voz de su Amo» e intentó verificar una predicción que hizo Einstein en 1909: que un haz luminoso, al atravesar un gas que contuviese la clase adecuada de átomos excitados, podía intensificarse en lugar de hacerse más débil. Pero probablemente se olvidó de llevarle rosas a su aparato para que funcionara suave como la seda (cosa que hacía, según él, con los experimentos importantes); se le quemó un transformador muy caro y su jefe se negó a reponerlo. De haberle salido bien el experimento, puede que se hubiese descubierto el láser veinte años antes.

Tras un año en Inglaterra consiguió su propósito de irse a Rusia; allí fue víctima de una de las purgas de Stalin y se pasó dos años en la cárcel; su mujer logró escapar con los dos hijos pequeños y marchó a Estados Unidos. El pacto temporal que hizo Hitler con Stalin en 1939 incluía un intercambio de prisioneros; Houtermans fue devuelto a la Gestapo y puesto en libertad luego por intercesión del Premio Nobel Max von Laue, uno de los pocos científicos alemanes que tenían prestigio y valor suficiente para enfrentarse con los nazis. Después de trabajar un tiempo con el gran inventor Manfred von Ardenne, Houtermans volvió incluso a la vida académica y más tarde obtuvo una cátedra en la Universidad de Berna; lo que nunca entenderé es cómo los suizos, con ese carácter suyo tan rígido, pudieron llevarse bien con un temperamento tan excéntrico.

Houtermans había sido toda su vida un fumador empedernido; ingresado en el hospital por un accidente sin importancia, se le detectó un cáncer de pulmón. Cuando murió tenía sólo 62 años.

El aparato más grande que había en el último piso del laboratorio de Blackett, y en algunos aspectos el centro de su trabajo, era la cámara de niebla automática que él mismo había inventado y construido. Por aquel entonces había gran interés por la «radiación cósmica», porque se sabía que en ella se contenían partículas muy rápidas; pero eran poquísimas las expansiones de la cámara que lograban fotografiar una de esas partículas. Blackett había inventado ahora un procedimiento para que la propia partícula se hiciese la fotografía: al pasar por la cámara atravesaba uno o varios contadores Geiger que disparaban la expansión de la cámara y también la máquina fotográfica. El truco aumentó enormemente el número de instantáneas de sucesos interesantes y permitió a Blackett y a sus colaboradores hacer muchos descubrimientos importantes.

La cámara, un armatoste de casi un metro de lado, estaba plantada en medio del laboratorio, y lo alarmante era que nunca sabías cuándo una partícula cósmica iba a dispararla, haciendo un ruido seco como el disparo de un cañón. Así que los que estábamos allí hacíamos nuestro trabajo lo mejor que podíamos, esperando nerviosos a que en cualquier momento durante la hora siguiente nos sorprendiera el maldito chasquido. Llegado el momento, Gerhard Herzog, el miembro suizo de nuestra Sociedad de Naciones, acudía presto, sacaba la placa fotográfica en la que había quedado registrado el suceso que había disparado la cámara y se la entregaba a su joven esposa; ésta, que se había ofrecido voluntaria para trabajar allí, desaparecía entonces en la cámara oscura. Cuando reaparecía, al cabo de unos diez minutos, nos agolpábamos todos a su alrededor para ver qué pez había picado en el anzuelo. En cierta ocasión pasó un buen rato sin que la joven reapareciera y nadie lo advirtió hasta que su marido preguntó: «¿Qué le habrá pasado? ¡Si le dí la placa hace veinte minutos!» Corrió al cuarto oscuro pensando que se había desmayado, pero enseguida salieron los dos, ella con una sonrisa de oreja a oreja y diciéndole: «¡Hay que ver qué

marido! ¡Veinte minutos que me ha dejado morirme ahí dentro!» El reproche se lo repitió ya durante todo el día.

En cierta ocasión nos dio Blackett a Herzog y a mí dos entradas para la conferencia que daba Lord Rutherford el viernes por la tarde en la Royal Institution. Trabajamos hasta la hora de salir y nos fuimos directamente para allí, sin cambiarnos el traje marrón raído que solíamos llevar en el laboratorio. Al llegar vimos caballeros vestidos de frac y damas con trajes largos que descendían de elegantes limousines y entraban en el hall, profusamente iluminado. Observamos el espectáculo durante un rato y luego dijo Herzog: «Haz lo que quieras, pero yo no entro.» Yo le eché un poco más de coraje a la cosa y acercándome a un ujier le pregunté: «¿Podré entrar así?» El ujier me miró de los pies a la cabeza y contestó: «¡Si a usted no le importa...!» Pocas veces he oído un comentario tan escueto y elocuente; por primera vez me di cuenta de que llevar un traje de noche no era un deber sino un privilegio. El caso es que entramos y disfrutamos enormemente con la conferencia de Rutherford, en la que, con gran delectación, hizo una demostración de la escisión del átomo con la primera instalación de alto voltaje, construida en Cambridge y traída ex profeso a Londres. Entre el público había otro como nosotros que trataba de esconderse detrás de una columna.

La tarea que me encomendó Blackett —detectar los rayos gamma que se esperaba surgieran de la aniquilación mutua de positrones y electrones— nunca llegó a buen puerto. Se nos adelantaron, no uno, sino dos franceses, que inmediatamente se enzarzaron en una polémica acerca de diversos detalles. Me alegré de no estar metido en el asunto y comencé un proyecto propio: construir una cámara de niebla que fuese sensible durante un segundo o más, es decir durante un tiempo mucho más largo de lo que era posible hasta entonces (una décima de segundo). De esa manera se podrían ver aparecer las trazas una a una y quizá hacer observaciones útiles sin el complejo sistema de la cámara de Blackett. Expandiendo muy lentamente el aire en la cámara conseguí un tiempo sensible de más de

un segundo; era un aparato muy divertido de observar y muy fácil de construir, pero no servía para investigar y nunca llegó a convertirse en un instrumento práctico. Luego me hubiese visto un poco perdido de no haber sido por un gran acontecimiento: los franceses descubrieron la «radiactividad artificial» y yo fui uno de los primeros que lograron subirse al carro.

En 1933 se creía que sólo existían unos doce elementos radiactivos (es decir, elementos con núcleos atómicos inestables), todos ellos conocidos. En enero de 1934, Frederic Joliot e Irene, su mujer, hija de Marie Curie, estaban estudiando los positrones que, según se había descubierto, emitía el aluminio al bombardearlo con rayos alfa. Para observar los positrones utilizaban un contador Geiger cuyo comportamiento les tenía muy descontentos: el contador seguía contando durante algunos minutos, a una tasa decreciente, al retirar la fuente de rayos alfa. La sustitución del contador no sirvió de nada; pero las cuentas cesaron, en cambio, de inmediato al alejar el aluminio. La culpa no era del contador: era que el aluminio emitía positrones, pero no inmediatamente después de bombardearlo con una partícula alfa, sino con un retardo aleatorio de varios minutos. O dicho con otras palabras, el impacto de una partícula alfa convertía el núcleo de aluminio en un núcleo radiactivo que tenía una vida media de un par de minutos.

Joliot y Curie publicaron su observación a mediados de enero de 1934 y el interés que despertó fue indescriptible. Estaba claro que tenía que haber otros muchos casos en que el impacto de una partícula alfa convirtiera un núcleo estable ordinario en otro inestable, e inmediatamente hubo gente que empezó a bombardear diversos elementos con partículas alfa. Yo ví que se podía dar un paso más; con el fin de detectar productos de vida muy corta construí un aparato (con piezas compradas en Woolworth's) que en una fracción de segundo era capaz de trasladar una muestra desde la fuente alfa hasta un contador cercano, bien protegido de los rayos gamma. Al cabo de unos días tenía ya resultados para el fósforo y el sodio (¡aunque nin-

guno de los dos tenía una vida tan corta como para necesitar mi dispositivo!) y Blackett se preocupó de que el trabajo estuviese terminado y publicado rápidamente. Tan pronto como acabé de redactar una breve nota sobre los resultados, telefoneó al editor de *Nature* y me envió para allá con el manuscrito bajo el brazo. El artículo se publicó seis días después, que pienso puede ser un récord mundial.

Tuvo que ser por entonces cuando Niels Bohr vino a visitar a Blackett. Yo le conocía, naturalmente, de Copenhague; pero en Londres era tanta la gente que asediaba a Bohr que apenas intercambiamos cuatro palabras. Es probable que Blackett le dijera que mi beca expiraba en octubre y le convenciera de que yo sería útil en Copenhague. Pero son puras cábalas; lo único que sé es que Bohr vino a hablar conmigo, me cogió por uno de los botones de la chaqueta y me dijo: «Tiene usted que venir a Copenhague a trabajar con nosotros. Nos gusta la gente que realmente sabe hacer experimentos mentales.» Se refería al último experimento que hice en Hamburgo cuando trabajaba con Stern, porque anteriormente había sido estudiado como si sólo fuese posible realizarlo en la mente. Huelga decir lo ufano que estaba yo con la visita de Bohr, con su amable comentario y ese rostro suyo inmensamente impresionante pero benevolente; así que escribí a mi madre: «Ya no tienes que preocuparte por mí; Dios Todopoderoso en persona me ha cogido por el botón de la chaqueta y me ha dispensado palabras amables.»

A medida que avanzó mi estancia en Londres, ese exagerado respeto que sentía al principio hacia los ingleses se fue tornando justo en lo contrario. Una cosa que me llamó la atención era lo estrecho de las calles céntricas de Londres, hasta el punto de que no había manera de adelantar; largas hileras de automóviles se movían a paso de cortejo fúnebre, inmovilizados por el coche de caballos de turno. Otra cosa que me maravillaba era cómo podían aclararse los habitantes de una metrópolis con un sistema de autobuses compuesto por doce compañías distintas. Autobuses de todas las formas, colores y tamaños, muchos

de ellos sin techo para protegerse contra los elementos; y señales de parada que no indicaban qué líneas paraban allí y cuáles no. La verdad es que yo me ahorraba muchos problemas yendo con Werner Ehrenberg, el miembro alemán de nuestra Sociedad de Naciones, que tenía una cojera notable; bastaba con que levantara el bastón para que parara cualquier autobús y le dejara subir, y yo tras él. Después de vivir en Alemania durante seis años daba yo por sentado que había que ser sistemático y ordenado; tardé un tiempo en comprender que el desorden y la desorganización tienen sus virtudes, sobre todo cuando vienen aderezadas de humanidad, de la cual la amabilidad de los conductores de autobús para con mi inválido amigo era buen ejemplo. Poco a poco ví que cualquier cualidad humana tiene dos caras, igual que las monedas; que el carácter sistemático y ordenado de los alemanes lleva estampadas la «rigidez» y la intransigencia en el reverso, y que la falta de organización y desorden de los ingleses significaba también flexibilidad y humanidad.

Otra de las cosas que me dejaron perplejo al principio era que, por lo que podía ver, mis colegas ingleses sabían muy poca física fuera de su especialidad. En cambio, estaban mucho más enterados de política, literatura y deportes que sus colegas alemanes. También aquí aprendí algo con el tiempo: me dí cuenta de que el conocimiento profundo de una especialidad como la física (o cualquier otra) sin entender nada de política ni de los asuntos humanos, contribuía bien poco a proteger al alemán medio de una ideología viciosa como la del nacionalsocialismo. La universidad Birkbeck anunció en cierta ocasión una conferencia de John Buchan con el título de «Márgenes de la vida», y yo pensé que el orador (a quien por entonces no conocía) hablaría de algún campo científico, quizá sobre virus o moléculas gigantes en la frontera entre la materia inorgánica y los organismos vivos. Nada más lejos de eso: de lo que habló, para mi grandísimo asombro, fue de la importancia de que el estudiante no estudiara demasiado. El estudiante no debía dedicar todo su tiempo a estudiar su carrera, sino que debería dejar un margen para garrapa-

tear notas sobre lo que sucede en su entorno. Me dejó sorprendido que alguien estimara necesario dar ese consejo, cuando mi idea era que los estudiantes constituían, en general, una población propensa a la dispersión y a la cual había que motivar para que hincara los codos. Buchan, en cambio, creía pertinente dar el consejo contrario, para evitar el peligro de caer en la estrechez de miras.

Durante ese año de estancia en Inglaterra la verdad es que no vi mucho del país. Recuerdo que fui una vez en tren a Southhampton para pasar allí unos días y que pernocté en un «inn». Lo pasé bien, pero en realidad no sabía qué buscar allí, y lo único que vi fue un paisaje llano con algunos bellos acantilados aquí y allá. Luego, en el verano, decidí adentrarme más en el país y reservé una habitación en Windermere para conocer el famoso Distrito de los Lagos. Comprobé que se parecía mucho a su homónimo austriaco, el Salzkammergut, que es famoso por su lluvia pertinaz. Al cabo de cuatro días me tuve que volver a Londres porque no paraba de caer agua. La *landlady* insistió en que la reserva era para una semana, de manera que tuve que pagar siete días de pensión completa.

Las condiciones de trabajo en Birkbeck College me depararon otra sorpresa, aunque claro, yo venía muy mal acostumbrado del instituto de Stern, donde teníamos a nuestra disposición un mecánico de primera categoría y un buen soplador de vidrio, así como todo un equipo de materiales e instrumentos modernísimos. Recuerdo que en una de mis cartas a casa desde Londres decía que el tenerse que fabricar uno los instrumentos suponía un trabajo de artesanía tan arduo, que temblaba ante la idea de pedir un trozo de tubo de goma de 18 pulgadas. Lo que me salvó fueron los almacenes Woolworth's. En aquel tiempo ningún artículo costaba más de seis peniques. Miento: unos calcetines valían un chelín,pero Houtermans insistió en cierta ocasión en comprar sólo el de un pie y explicó que era un regalo para una persona coja. En aquellos almacenes había de todo. Un día llegué hasta comprar una pieza de ropa interior negra de mujer, porque era el modo más fácil de sujetar una pieza negra y lisa para alinear mi

cámara de niebla. Para lo que ya no tuve valor fue para pasar al laboratorio la cuenta de tan insólita compra.

El taller se componía de dos jóvenes mecánicos que se anulaban mutuamente charlando en lugar de trabajar; y el jefe era un viejo mecánico cuyo principal propósito en esta vida era impedir que los científicos utilizaran demasiados tornillos. Cada vez que queríamos alguno hurgaba en un cajón en el que había cientos de ellos, en su mayoría torcidos y oxidados. La verdad es que el sistema Whitworth de clasificar los tornillos era superior a mis fuerzas; sólo podía ser producto de la acción impulsiva de algún fabricante del siglo pasado que, harto ya del desbarajuste, ordenara un día reunir todos los tornillos del taller y numerarlos según su tamaño. Otra de las cosas que le molestaban mucho a este buen hombre —y probablemente con razón— era prestar herramientas, lo cual le había movido a colgar un gran letrero que decía: «Por favor, devuelvan las herramientas después de usarlas». Nuestra Sociedad de Naciones se encargó de escribir debajo la traducción en el idioma que cada cual sabía y, en poco tiempo estuvo escrito en doce versiones diferentes. Cuando volví allí unos cinco años después, comprobé que la lista había aumentado hasta varias docenas de idiomas, muchos de ellos en caracteres tan esotéricos como el urdu y el árabe. Pero después de la guerra, cuando pregunté por el letrero, me dijeron que estaba tan sucio que lo habían tirado. Sigo pensando que fue un error.

También observé que la mayoría de la gente con la que conversaba —fuera de los extranjeros— no hablaban inglés sino cockney. En una de las fiestas a las que de vez en cuando me invitaban le pregunté a una señora que dónde podría tomar lecciones de cockney, y se echó las manos a la cabeza; yo no comprendí por qué. Me acuerdo que en aquella fiesta tuve la sensación de que me habían invitado por aquello de que había que ser amable con los extranjeros; después de todo, no era culpa suya, pobrecitos, el haber tenido la desgracia de nacer fuera de las Islas. Pero reconozco que me equivocaba, porque luego fue mucha la cantidad de simpatía espontánea que encontré.

Incluso en ese hábito de que cualquier desconocido, así, sin más, pegara la hebra conmigo en los vagones de ferrocarril. La conversación comenzaba siempre con algún comentario sobre el tiempo, y a Houtermans le dio por decir que era evidente que hasta hacía poco Inglaterra no debía de tener lo que nosotros llamamos tiempo meteorológico, porque si no, no sería un tema tan habitual de conversación. Después comprendí que el entablar conversación con la excusa de algún comentario sobre el tiempo era un excelente invento social; el interlocutor podía interrumpir la conversación y dar una respuesta igual de trivial o llevarla hacia cualquier otro tema, desde el cricket hasta la política o el teatro.

Como se ve, durante ese año no hice más que sentar una ligerísima base para comprender Inglaterra. Quizá lo único que aprendí de veras es que el modo de vida alemán no era el único. Sabía que poco después me iría a Dinamarca y estaba muy ansioso, aunque tampoco tenía una idea muy exacta de qué esperar. En cualquier caso tenía la sensación de que mi estancia en Inglaterra había sido sólo un interludio; me concentré en terminar mi trabajo, empaqueté mis pertenencias y salí para mi nuevo destino.

Una vez más tuve que cruzar el Mar del Norte, aunque en esta ocasión cogí el trasbordador que hacía regularmente el trayecto entre Harwich y Esbjerg. En lugar de marejada encontramos niebla y tuvimos que esperar varias horas en medio de una mar completamente calma antes de que el capitán se atreviera a asomar la nariz en el puerto de Esbjerg (¡eran los días anteriores al radar!). De allí, en tren y otros dos trasbordadores hasta Copenhague.

Dinamarca, 1934-1939: 1

El Instituto de Niels Bohr era internacional en un sentido muy distinto que el laboratorio de Blackett en Londres. Era la Meca de los físicos teóricos de todo el mundo. Por allí andaban siempre cantidad de extranjeros, pero nunca los mismos; la mayoría de ellos eran visitantes temporales que llegaban, daban un seminario, una o dos charlas y volvían a desaparecer. Una de las primeras conferencias a las que asistí la daba George Gamow. En previsión de sorpresas pregunté en qué lengua iba a hablar el famoso físico ruso y me dijeron: «En danés; pero no te preocupes, le entenderás». ¿Cómo que le entendería, si llevaba sólo unos días en Dinamarca y ni siquiera había empezado con mis clases de danés? Pero mi informador tenía razón, me enteré de todo, porque Gamow aderezaba continuamente su danés con palabras inglesas y alemanas, no paraba de gesticular y además hacía en la pizarra dibujos muy jocosos. No cabía duda alguna de que sabía perfectamente establecer comunicación con el auditorio y además era muy ameno, como convendrá conmigo cual-

quiera que haya leído sus libros de «Mr. Tompkins», en los que, de manera muy entretenida aunque no siempre igual de exacta, explica al profano los misterios de la física.

Otra de las personas con las que entablé amistad íntima fue George Placzek, un bohemio en el doble sentido de la palabra. Provenía de lo que ahora es Checoslovaquia, había estudiado en Viena y se había recorrido toda Europa. Recuerdo que hacia la época en que me fui de Copenhague hablaba diez idiomas con más o menos soltura y con un pícaro acento en la mayoría de ellos. Cuando le conocí acababa de aceptar un contrato de profesor de física teórica en la nueva Universidad de Jerusalén y estaba a punto de irse.



George Placzek (1905-1955), el versátil bohemio que contribuyó a la teoría de las moléculas y de los núcleos atómicos. (Dibujo del autor.)

La labor de embalar sus pertenencias se le hacía muy penosa, por lo cual me pidió que le hiciera compañía para evitar que se durmiera. No paraba de hablar y de hacer comentarios mientras yo, sentado, hojeaba distraídamente los libros que aún no había empaquetado. En un momen-

to dado lanzó un grito y alzó en sus manos un trozo de papel: el recibo por una suma de 100 marcos que había dejado de fianza en la biblioteca de la Universidad de Berlín. Hasta ese momento no había vuelto a acordarse, pero ahora podría recuperar el dinero al pasar por allí. Había que celebrar tan feliz acontecimiento, así que sacamos vasos de dientes y brindamos con coñac. Acabada la ceremonia, el trozo de papel, como es natural, había desaparecido, así que Placzek volvió a desempaquetarlo todo, en medio de abundantes juramentos e imprecaciones. Cuando finalmente lo encontró, me lo puso debajo de las narices para que, si volvía a desaparecer, hubiese al menos un testigo de que todo aquello no había sido un sueño.

La operación de embalaje prosiguió durante un par de días más, con un frenesí que iba lentamente en aumento a medida que se acercaba la fecha de partida. La última noche nos pusimos los dos a embutir el resto de sus pertenencias en un baúl; recuerdo como si fuese hoy un enorme y terco edredón que se empeñaba en asomar un pico cuando teníamos dominados ya los otros tres. En medio de la batalla me abandonó de pronto Placzek a mi suerte y se puso a dictar una carta en danés a un amigo suyo que había venido para echar una mano. La carta contenía instrucciones detalladas para los mozos de cuerda sobre qué hacer con cada uno de los bultos, cuáles enviar por barco a Israel y cuáles otros guardar en consigna, bien para enviárselos más adelante o para guardarlos allí por si volvía a Dinamarca.

Diez minutos antes de la hora de partida del tren nos precipitamos todos escaleras abajo con el baúl y las maletas, lo metimos todo en un taxi y le dijimos al conductor que enfilase volando hacia la estación. Durante el trayecto no paró el pobre Placzek de implorar a todas las divinidades que no le dejasen perder el tren, con promesas de que en el futuro sería bueno y nunca llegaría a la estación con menos de diez minutos de antelación. Cuando llegamos pasaba ya un minuto de la hora de salida. Placzek se lanzó detrás del mozo que, jadeando, acarreaba las maletas. La cosa parecía perdida, pero al entrar vimos que el tren

estaba todavía allí. El encargado de los coches-cama había notado que faltaba una oveja del rebaño y había retenido el convoy durante dos minutos.

Después tuvimos muchas noticias de él desde Israel, contándonos cómo al principio tuvo que enfrentarse con la insistente demanda de las autoridades académicas para que diese las clases en hebreo, idioma que aún no figuraba en su repertorio; le dieron un plazo de un año, y junto con el hebreo aprendió de paso árabe. Como al cabo de ese año seguía sin dar las clases en hebreo —porque decía que ese idioma no se prestaba para la física moderna— y las autoridades seguían en sus trece, envió un telegrama que decía: «Acabado con los judíos para siempre» y se volvió para Dinamarca.

El lenguaje científico que se usaba universalmente en el laboratorio era el inglés; los daneses, en general, lo entendían, y no digamos los científicos. Pero aún así estaba claro que yo tenía que aprender el idioma, de modo que me busqué una profesora, una señora encantadora de ochenta años, que me daba clase tres veces a la semana, con gran paciencia y claridad. Al cabo de pocas semanas había adquirido ya una engañosa fluidez que hizo decir a uno de mis amigos: «Frisch no sabe en realidad más que veinte palabras de danés, pero las utiliza como si supiese muchas más». Mi primer seminario en danés lo di cuatro meses después de llegar a Dinamarca y me bandeé más o menos bien hasta que llegó el turno de preguntas; porque hablarlo lo hablaba, pero me resultaba casi imposible *entenderlo*. Aún después de cinco años, cuando ya podía conversar con soltura, había muchas veces que no podía adivinar de qué estaban charlando dos estudiantes, por ejemplo.

Creo que la lengua danesa surgió de los gritos y voces que intercambiaban los pescadores para comunicarse de un acantilado a otro, donde las consonantes son naturalmente inaudibles. Hablado de manera informal, el danés parece no tener consonantes y se reduce a una densa sopa de vocales, interrumpidas de vez en cuando por una parada glotal. Y con esto no pretendo en absoluto despreciar

la lengua danesa. Pienso que es flexible y sencilla y tiene giros muy expresivos que no he encontrado en otros idiomas. Pronunciada con claridad es una de las lenguas mejores y más expresivas que conozco. Aunque está íntimamente emparentada, como es lógico, con el noruego y el sueco, las otras dos lenguas escandinavas, es mucho más blanda y suave, y siempre he pensado que los daneses podrían ser los austriacos de Escandinavia.

El Instituto de Física Teórica tenía por aquel entonces una terraza arriba por la que solíamos pasear mientras charlábamos y discutíamos; era un lugar soleado y tenía una hermosa vista sobre el parque que había detrás del Instituto. (Más tarde la cerraron y la convirtieron en cafetería.) Un buen día vimos con sorpresa que Placzek salía trepando por un ventanuco y saltaba a la terraza, exhibiendo una sonrisa malévola en sus labios: había dejado candada tras él la puerta del retrete. La propuesta de volver a lanzarle por la ventana fue rechazada por poco práctica, y durante varios días tuvimos que utilizar el servicio del piso inferior, con las consiguientes molestias. Felix Bloch, montañero suizo y brillante físico teórico, logró, finalmente, deslizar su fornida persona por la ventana y, en medio de un torrente de imprecaciones, franquear el excusado.

En otra ocasión sufrió, en cambio, Placzek una derrota pública inesperada. Era un día en que íbamos paseando por los estanques que rodean el centro de Copenhague —un semicírculo de lagos artificiales construidos hace un par de siglos, cuando se desecaron los pantanos que había alrededor de la ciudad— y nos quejábamos de la incomodidad de tener que andar medio kilómetro hasta la siguiente pasarela por donde cruzar. Placzek dijo en broma que lo suyo sería cruzar a nado, y Hendrik Casimir, un joven holandés que luego fue director del laboratorio de investigación de Philips en Eindhoven, recogió el guante y se ofreció a cruzar a nado por 20 coronas, que venían a equivaler a 1 libra en aquellos días. Placzek apostó a que no lo hacía, confiado en que la presencia de la mujer de Casimir bastaría para disuadirle. Casimir aceptó la

apuesta, se quitó solemnemente la chaqueta, se la entregó a su mujer —que la aceptó sin una palabra de protesta—, se metió en el agua y cruzó a nado. Los demás corrimos hasta la siguiente pasarela y le esperamos en la otra orilla. Allí recogió su americana, se la puso e ingresó sus 20 coronas, buena parte de las cuales se las gastó en un taxi hasta



Hendrik Casimir. Discípulo holandés de Niels Bohr, que después fue director del laboratorio de investigación de Philips (Eindhoven) y presidente de la Sociedad Europea de Física.

el hotel. Al día siguiente acababa su visita y se volvía para Holanda; al despedirle en la estación de ferrocarril vimos con regocijo que llevaba puesto el traje de noche, evidentemente porque era el único que le quedaba seco.

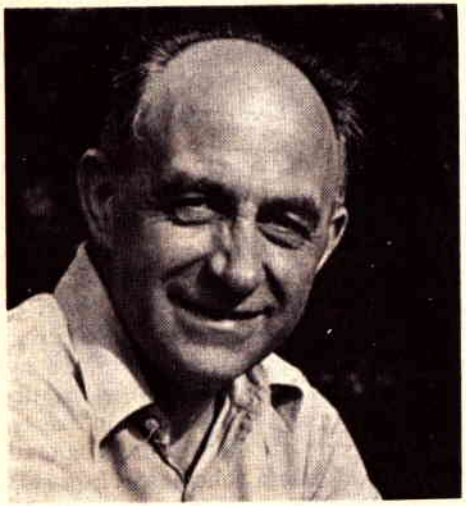
Todo el mundo se ha preguntado alguna vez por qué

los científicos son tan propensos a gastar el tiempo en cosas tan pueriles. Porque lo cierto es que todos los allí presentes eran hombres hechos y derechos, que rondaban los treinta años y tenían una reputación notable en el campo de la ciencia. ¿A qué entonces esa conducta tan infantil? Mi opinión es que los científicos tienen una cosa en común con los niños: la curiosidad. Para ser un buen científico hay que conservar ese rasgo de la niñez. El científico no tiene más remedio que ser curioso como un niño, y es posible que junto con ello retenga otras cosas infantiles no superadas.

Mi trabajo no fue demasiado interesante al principio; proseguí con el tipo de experimentos que había hecho con Blackett en Londres, busqué nuevos elementos radiactivos producidos mediante bombardeo con rayos alfa y tuve la suerte de descubrir otros dos para estudiar. Por lo demás intentaba mostrarme útil y me dediqué a perfeccionar los amplificadores y contadores Geiger que utilizaban otros científicos en la investigación de materiales radiactivos. Algunos de estos contadores consistían en un tubo de metal de paredes muy finas, adelgazadas aún más en el torno y apenas capaces de resistir la presión del aire al hacer el vacío para utilizarlos como contadores. Esta circunstancia dio lugar a un incidente yo no sé si divertido, pero que al menos nos lo pareció a los allí presentes. Niels Bohr había hecho de joven trabajos experimentales y a menudo se lamentaba de no encontrar ya tiempo para ello, dedicado como estaba por entero a la física teórica y a los asuntos administrativos. Pero le encantaba entrar en el laboratorio y fisgar lo que hacíamos. Un día vino y dijo: «¿Os puedo ayudar? No soy tan torpe como parezco», y antes de que pudiésemos prevenirle cogió uno de los contadores de paredes finas, que inmediatamente se arrugó con un desagradable ruido de barquillo roto. Bohr lo dejó caer como si le quemara en las manos y salió de puntillas, todo embarazado. ¿Cómo se iba a imaginar que el contador se desintegraría al toque más ligero?

El año 1934 había sido memorable para la física. Había comenzado con un toque de clarines —el descubrimiento

de la radiactividad artificial— y muchos de nosotros (también yo) habíamos saltado al carro. Al cabo de un par de semanas, alguien que había estado en Italia me dijo en Londres que Enrico Fermi iba a bombardear elementos,



Enrico Fermi (1901-1954), italiano, pionero de la teoría cuántica y de la física del neutrón; tras obtener el Premio Nobel en 1938, se estableció en EE.UU. y dirigió la construcción del primer reactor nuclear. Su escuela revitalizó la física en Italia.

no con partículas alfa (como solíamos hacer todos nosotros) sino con neutrones. Aquello me dejó intrigado, porque los neutrones eran muy raros: había que bombardear berilio y gastar cien mil partículas alfa para conseguir un solo neutrón. ¿Qué sentido tenía usar proyectiles tan caros? Lo que yo no veía (y Fermi sí) es que esos proyectiles caros eran también muy eficaces: con un neutrón era seguro el impacto sobre el núcleo, porque ni era repelido por su carga eléctrica ni molestado por los electrones que

en la materia sólida frenaban a las partículas alfa al cabo de una fracción de milímetro, con muy poca probabilidad de chocar contra el núcleo en un viaje tan corto.

Tan pronto como se descubrió el neutrón en 1932, Fermi, con ese gran sentido estratégico que tenía, comprendió que había que dar absoluta prioridad a los experimentos con este nuevo ladrillo de la materia y comenzó a formar un equipo de jóvenes físicos, algunos de los cuales los envió al extranjero para que se familiarizaran con diversas técnicas. (Uno de ellos, Emilio Segrè, había ido a Hamburgo, y durante un tiempo trabajamos juntos.) Cuando se descubrió la radiactividad artificial, Fermi estaba ya preparado, y su primer artículo, que apareció un mes después, causó sensación: prácticamente todos los elementos que había bombardeado se habían tornado radiactivos; algunos daban dos o más productos activos diferentes, cada uno con su tasa de desintegración característica.

A menudo ocurría que un núcleo ligero, al ser golpeado por un neutrón, emitía una partícula alfa (núcleo de helio) o un protón y se transformaba así en un núcleo con una carga eléctrica distinta (menor) y por tanto con una naturaleza química diferente; el químico del equipo de Fermi podía entonces separar fácilmente del material bombardeado esos núcleos, que generalmente eran radiactivos. Los núcleos más pesados, sin embargo, se tragaban invariablemente el neutrón y se convertían en una variedad más pesada (un isótopo más pesado) del núcleo original, químicamente indistinguible de éste, pero delatado a menudo por su radiactividad.

Fermi utilizó al principio la primera mesa que encontró a mano para colocar su fuente de neutrones (una cápsula de una pulgada, que contenía una mezcla de un compuesto de radio y polvo de berilio) cerca del material que quería bombardear; pero los resultados eran erráticos, y comprobó que las mesas de madera producían una radiactividad más fuerte que las de metal o las de piedra. Fermi adivinó que la causa era el hidrógeno contenido en la madera; el neutrón, al rebotar en un núcleo de hidrógeno —como una bola de billar contra otra—, tiene que perder

gran parte de su velocidad, y podía ser que los neutrones lentos fuesen más efectivos. Así pues, bombardeó varios elementos rodeados de parafina (rica en hidrógeno) y comprobó con gran asombro que la radiactividad de algunas de las muestras aumentaba por un factor de 100.

Fermi había llegado a un acuerdo con la revista *La Ricerca Scientifica* en virtud del cual él les enviaría sus últimos resultados a condición de que los publicaran sin demora; el acuerdo beneficiaba a ambas partes, porque muchas instituciones extranjeras decidieron suscribirse a esta publicación, que hasta entonces era poco conocida. Mientras Placzek estuvo fuera, yo era el único que sabía suficiente italiano, y cada vez que llegaba el último número de *La Ricerca* me veía rodeado de una muchedumbre ansiosa de conocer los últimos descubrimientos de Fermi. Eran momentos realmente apasionantes.

Había un grupo de elementos de los que Fermi no disponía: eran las así llamadas tierras raras, doce elementos, más o menos, que químicamente son muy similares y, por tanto, difíciles de separar; en aquel tiempo eran muy pocos los químicos que tenían algunas muestras. George von Hevesy, un distinguido químico húngaro y pionero en el uso de isótopos, trabajaba en el instituto de Bohr y tenía en su poder un conjunto completo de óxidos de esos elementos que le había proporcionado la Auergesellschaft, la compañía química alemana que los había obtenido por primera vez para utilizarlos en los manguitos incandescentes de las lámparas de gas, antes del invento de la luz eléctrica. Hevesy pidió a una de sus colaboradoras, una mujer joven llamada Hilde Levy, que expusiera una tras otra las muestras a una fuente de neutrones durante varias horas y midiera luego cada muestra con un contador Geiger.

Mi contador estaba perfectamente a punto, con todos sus amplificadores y registros; sólo había que colocarlo cerca de la muestra que Levy había irradiado y hacer lecturas a intervalos regulares; de ahí podíamos deducir la vida media de cualquier sustancia (la vida media es el tiempo al cabo del cual la radiactividad de una muestra se reduce

a la mitad de su valor inicial) y obtener también cierta medida de la eficacia de los neutrones sobre el elemento en cuestión. La mayoría de ellos dieron efectos muy pequeños, apenas medibles; otros, en cambio, adquirieron una radiactividad muy respetable. Después de recorrer la serie entera, Hevesy redactó un breve informe para publicarlo; no obstante, antes de enviarlo pidió a Hilde Levy que repitiera toda la serie, para mayor seguridad.

Uno de los elementos, el disprosio, había mostrado un efecto muy pequeño la primera vez. En esta segunda ocasión comprobamos lo mismo; pero antes de finalizar, y como era ya tarde, nos fuimos a comer y lo dejamos allí. Al volver del almuerzo advertimos inmediatamente que el contador iba un poco más deprisa y decidimos esperar. Poco a poco se fue congregando gente en el laboratorio para observar el asombroso fenómeno: la preparación, en lugar de debilitarse, iba haciéndose cada vez más radiactiva.

Hasta que dimos con la explicación de lo que había ocurrido fraguamos teorías de lo más dispares. La muestra de disprosio se había tornado tan radiactiva que casi había ahogado el contador, haciéndole contar a una velocidad tan baja como si no hubiese muestra alguna. E hicieron falta luego varias horas para que el contador alcanzara su tasa máxima de cuentas, que era de varios centenares por minuto; fue entonces, y no antes, cuando la tasa comenzó a disminuir normalmente, con una vida media bien definida, como es de rigor. Todos pensamos lo cerca que habíamos estado de pasar por alto el descubrimiento de esta intensísima radiactividad artificial y, por consiguiente, de un valioso detector de neutrones.

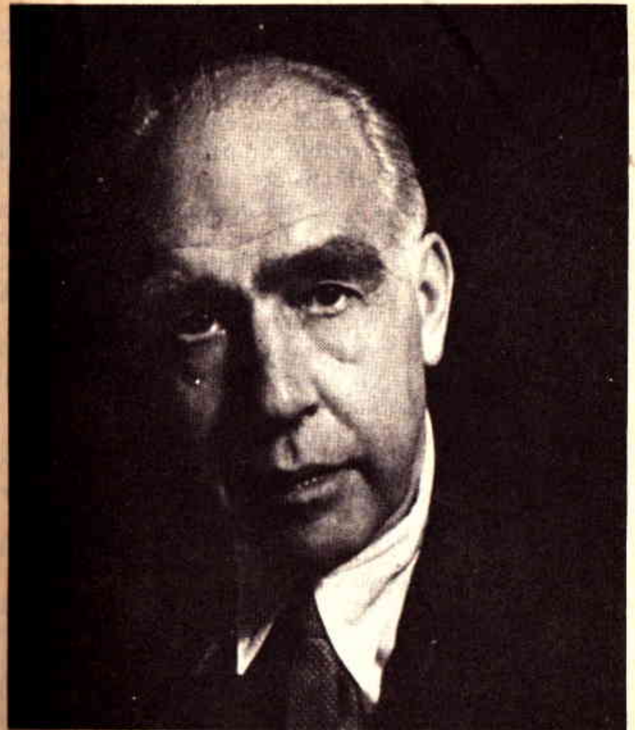
El estudio de los núcleos atómicos progresaba también por otros caminos, uno de los cuales era la espectroscopia óptica. Las rayas espectrales, que con un espectroscopio rudimentario parecen líneas indivisas, resultan normalmente ser conjuntos de rayas: tienen una estructura fina, e incluso lo que se llama una estructura hiperfina, y ambas revelan datos acerca del spin y el magnetismo de los núcleos atómicos. Este trabajo lo realizó el experimentador

danés Ebbe Rasmussen con un grupo de colaboradores. Uno de ellos era un científico alemán muy jovial y muy dotado; su nombre era Hans Kopfermann, así que a su esposa, una joven bastante atractiva, se la conocía por «die Kopferfrau».

El equipo de Rasmussen estudió sistemáticamente todos los isótopos nucleares obtenibles, y el análisis de cada grupo de espectrogramas duraba semanas. Una de las bromas instituidas era preguntar a la Kopferfrau cuál sería el spin del siguiente isótopo, porque aunque ella no era física de profesión, parecía poseer un misterioso poder de adivinación. Algunos de nosotros llegamos incluso a decir que como técnica de determinar el spin de los isótopos era mucho más sencillo e igual de fiable preguntarle a ella. Kopfermann tocaba también el violín bastante bien y muchas veces hicimos música juntos.

Niels Bohr tenía por entonces 50 años y estaba en plenitud de facultades mentales y físicas. Era de complexión robusta, pero cuando bajaba las escaleras de dos en dos no era fácil seguirle, ni siquiera los que éramos más jóvenes. Y también nos ganaba a todos al ping-pong; la mesa estaba instalada en la pequeña biblioteca del instituto, y a los lectores no parecía importarles que echáramos una partida de vez en cuando. Bohr había sido de joven jugador de fútbol, junto con su hermano menor Harald, que a su vez era un matemático excelente. Harald era, de los dos, el que mejor jugaba, y durante un tiempo lo hizo en la selección danesa. En sus días de estudiante, cada vez que alguien le hacía un comentario sobre su inteligencia, Harald decía: «Pues eso no es nada. Si conocieras a mi hermano...».

La cabeza, grande y pesada, provista de cejas muy pobladas, y las manos cubiertas de vello le conferían a Bohr cierto aire de campesino. Aún recuerdo esos ojos que podían atenazarte con toda la fuerza de la mente que había tras ellos, para luego, de pronto, inundársele la cara con una sonrisa que lo convertía todo en una broma. Bohr era patrón de yate, esquiaba en las montañas noruegas y yo mismo le ví talar árboles, manejando un hacha grande



Niels Bohr (1885-1962), el genio danés que en 1913 aplicó por primera vez las ideas cuánticas de Planck a la estructura de los átomos. Fue un pensador profundo que guió buena parte de la evolución de la teoría cuántica.

con la fuerza y destreza de uno del oficio. Por lo general se movía en bicicleta y recuerdo que una vez, a la vuelta de un largo viaje por Rusia, olvidó la combinación del candado; entre los números que él recordaba y los que algunos de nosotros nos sabíamos por haberle visto abrirlo, conseguimos, tras media hora de continuos ensayos, reconstruir la combinación y que Bohr se pudiera ir a casa en bicicleta.

Bohr vivía en la Casa de Honor que le donó con carácter vitalicio la Academia Danesa (era un palacete construido por el cervecero Carl Jacobsen, fundador de la compañía Carlsberg el siglo pasado) y muchas noches nos invitaba a cenar. La cena la presidía su esposa Margrethe con discreción, eficacia e invariable simpatía. Después de la cena había tertulia; nos sentábamos alrededor de Bohr, algunos en el suelo, a sus pies, y él llenaba la pipa. Su voz era suave, con acento danés, y no siempre teníamos claro si hablaba en inglés o en alemán; ambos idiomas los dominaba igual de bien y se pasaba continuamente de uno a otro. He aquí, pensaba yo, a Sócrates redivivo, proponiéndonos problemas con ese gesto suave tan suyo, elevando cualquier argumento a un plano superior y extrayendo de nosotros una sabiduría que ignorábamos tener y que naturalmente no teníamos. La conversación pasaba de la religión a la genética, de la política al arte moderno. No digo que Bohr jamás se equivocara, pero siempre era sugerente y nunca trivial. ¡Cuántas veces habré vuelto a casa en bicicleta por las calles de Copenhague, intoxicado con el espíritu del diálogo platónico!

Ningún físico de nuestro tiempo, exceptuando quizá Einstein, ha influido de manera tan poderosa en nuestro pensamiento, y no sólo en física. Ya mencioné antes su modelo del átomo que le dio fama inmediata en 1913: el modelo en el que los electrones giran alrededor del núcleo como planetas en miniatura, confinados en ciertas órbitas permitidas, excepto cuando saltan de una a otra y absorben o emiten radiación. Esta representación era a la sazón tan insólita y heterodoxa, que unos cuantos físicos, entre ellos Otto Stern, mi antiguo jefe en Hamburgo, habían jurado abandonar la física si aquel disparate era cierto (ninguno de ellos lo hizo).

Bohr mismo era perfectamente consciente de la tosquedad del modelo; su parecido con el átomo era el mismo que el que hay entre un dibujo hecho a vuelapluma y un rostro de carne y hueso. Pero también sabía lo difícil que iba a ser conseguir una representación mejor. Imaginad que queréis observar un animal muy huidizo que sólo sale de noche. Una posibilidad es hacer una fotografía con flash; pero el propio relámpago provocaría su huida en busca de seguridad. Lo mismo ocurría con el átomo: en principio se podía hacer una fotografía con flash, pero el destello mandaría los electrones a paseo. Una manera de evitar que el animal se asuste es utilizar luz muy débil o luz infrarroja que no pueda ver; pero con los electrones no hay salida: para observar la posición de un electrón se necesita, como poco, un cuanto de radiación, un cuanto de rayos X, para ser más exactos, lo cual sería suficiente para expulsar al electrón del átomo. Los cuantos infrarrojos son más suaves y podrían usarse para medir la velocidad de un electrón, igual que la policía utiliza el radar para comprobar la velocidad de un coche; pero debido, precisamente, a su gran longitud de onda, los cuantos infrarrojos nos darían la posición del electrón con muy poca exactitud. Si uno intenta medir al mismo tiempo la velocidad y la posición de un electrón, ambos vendrán afectados por cierta cantidad de incertidumbre, como indica la famosa relación de Heisenberg.

Bohr veía esto como un caso especial de lo que él llamó la complementariedad: los rasgos de un sistema atómico forman parejas —como la posición y la velocidad—, de tal suerte que por separado se pueden observar con exactitud, pero no ambas a la vez. Bohr sugirió además que el concepto de complementariedad podía ser útil fuera de la física atómica y que quizá sirviese para ahondar en la relación entre materia y vida, o cuerpo y mente, o justicia y clemencia. Aquí no puedo más que apuntar estas ideas, que creo son importantes y darán su fruto en años venideros. Es un poco como si la realidad estuviera pintada por ambos lados de un lienzo y sólo se pudiera ver un lado de él a la vez.

Bohr, como digo, nunca perdía el tiempo en trivialidades. Una vez fui a visitarle a su casa de campo de Tisvilde, en la costa norte de Zealand, y le llevé un problema matemático —uno de esos pasatiempos que las revistas intelectuales suelen publicar— que no había conseguido resolver. Al principio Bohr lo dejó a un lado por hallarlo demasiado

trivial; pero luego, para darme gusto (y quizá para enseñarme), accedió. Atacó el problema como un perro sacude a una rata, y en cuestión de minutos había clasificado los rasgos esenciales y hallado la mejor manera de obtener la solución. Después lo dejó; la solución en sí no le interesaba.



Niels Bohr con James Franck (en el centro) y Georg von Hevesy (con traje claro); este último inició y explotó hábilmente el uso de isótopos en biología.

Cuando Bohr abordaba un problema real, un problema serio de física, era una maravilla observarle. Siempre tuve la sensación de que se movía con la habilidad de una araña en un espacio aparentemente vacío, juzgando minuciosamente cuánto peso podía sostener cada tenue hilo del argumento. Una vez explorado el campo aumentaba su seguridad, y su habla se tornaba vigorosa y llena de imá-

genes vívidas. Recuerdo una ocasión en que, tras discutir largamente sobre los problemas básicos de la teoría cuántica, un visitante dijo: «Me mareo de pensar sobre estos problemas». Bohr enganchó inmediatamente y repuso: «Es que si alguien dice que puede pensar sobre la teoría cuántica sin marearse, lo único que demuestra es que no ha entendido ni palabra». Jamás se fiaba de un argumento puramente formal o matemático. «No, no», decía, «no estás pensando; lo único que estás haciendo es ser lógico».

Otro gran científico del que debo decir algo es James Franck, a quien ya mencioné brevemente como amigo íntimo de Lise Meitner y el físico que, junto con Gustav Hertz, obtuvo el Premio Nobel por haber excitado por primera vez estados atómicos específicos mediante bombardeo con electrones de velocidad controlada. Franck dejó Gotinga y se vino a Copenhague porque era judío. Bajo las leyes raciales promulgadas, que respetaban a los combatientes en la Primera Guerra Mundial, podría haberse quedado en Alemania; pero a él le resultaba inconcebible servir a un régimen que perseguía a los judíos. Tenía rasgos de una finura poco común, radiantes de simpatía, y siempre mostraba gran interés por los problemas de los demás. Era el hombre más amable que jamás he conocido.

En Copenhague no se encontraba a gusto. Por un lado le costaba hacerse al idioma, aunque tomaba clases asiduamente. Un episodio cómico que le ocurrió es que un día llamó el cartero a su puerta y le preguntó algo en danés. Franck le entendió y contestó, pero por la cara del otro se dio cuenta de que no estaba hablando en danés sino en inglés. Lo intentó por segunda vez, pero, como él mismo contaba con tristeza: «¡Volvió a salir en inglés!» Con su trabajo tampoco estaba contento. Sus grandes éxitos los había logrado en el estudio de átomos y moléculas, y tenía un misterioso olfato para sacar conclusiones de cualquier experimento en ese campo. En Copenhague nos encontró a todos ocupados con la física nuclear, y al ver que el neutrón era la herramienta más prometedora para explorar los núcleos atómicos, decidió meterse de lleno en la física del neutrón, en lo cual todos tratamos de ayu-

darle. Una vez le dije en broma que pronto descubriría niveles de energía nítidos en los núcleos, como los que había descubierto en 1913 en los átomos; pero sacudió con gesto triste la cabeza y dijo: «No, no. Esas cosas sólo suceden una vez. Los núcleos son muy diferentes». En eso se equivocó: un año después se descubrieron niveles nítidos de energía en los núcleos, niveles tan próximos como algunos de los hallados en los átomos. Pero claro, las técnicas de estudio eran muy distintas.

Cuando Franck se dio cuenta de que se había equivocado de camino en la investigación del neutrón, mientras que otros habían salido adelante, tiró la toalla y admitió que a su edad hubiese sido mejor no cambiar de campo. Marchó a Chicago y volvió al estudio de las moléculas, concretamente al complicadísimo mecanismo mediante el cual la clorofila (la sustancia que da el color verde a las plantas) transforma anhídrido carbónico y agua en moléculas orgánicas con ayuda de la energía de la luz solar. El problema estaba hecho a su medida; descubrió los rasgos básicos de este mecanismo (del cual depende la vida de las plantas) y abrió las puertas a un extenso campo de fructífera investigación.

Una vez le conté una idea loca que se me había ocurrido, y era que con una cámara de niebla se podrían buscar antineutrones, partículas que por aquel entonces pertenecían al reino de la especulación. Pocos días después me quedé de piedra cuando le oí sugerir exactamente el mismo experimento durante la comida. Yo no dije nada; pensé que probablemente se le había ocurrido también a él la idea, y tampoco estaba yo seguro de haberle contado la mía. Pero algunas horas después vino y me dijo: «Oye Frisch, ¿no fuiste tú quien sugirió el experimento? ¿Por qué no me paraste los pies y me dijiste: 'Pero hombre, Franck, si fui yo quien te lo dijo; la idea fue mía'?». No hay muchos profesores que reconozcan tan abiertamente sus despistes —porque eso es lo que fue— a una persona mucho más joven.

El nombre de Franck se hizo mucho más conocido en 1945, cuando encabezó al grupo de científicos de Chicago

que pidieron al gobierno americano no usar la bomba atómica contra ciudadanos japoneses, sino hacer primero una demostración de su poder destructivo en el desierto o en una isla deshabitada. Había buenas razones para que el gobierno rechazara en último término la propuesta; pero el «Informe Franck» quedará como recordatorio de que este hombre no sólo era un gran físico sino también un resuelto defensor de los valores humanos.

Dinamarca, 1934-1939: 2

El quincuagésimo cumpleaños de Niels Bohr —el 7 de octubre de 1935— fue celebrado por todo lo alto. Por la mañana acudimos todos al Aula Magna, donde estaban programadas una serie de conferencias y discursos en su honor. Yo llegué sobrado de tiempo, pero al entrar ví que todos los asientos estaban ya ocupados, así que me fui a la parte de atrás y me apoyé contra una mesa. Al poco rato se había llenado todo el espacio libre delante de mí con gente que, al estar de pie, me ocultaba la vista, por lo cual decidí encaramarme a la mesa y sentarme encima con las piernas cruzadas. La idea fue buena, pero sólo al principio, porque figúrense el martirio que puede ser esa postura cuando lo que hay debajo es un duro tablero de madera. Y lo malo es que no hubo manera de moverse de allí durante las dos horas que duró el acto, atestada como estaba la sala y sin interrupción entre un discurso y el siguiente.

Por la tarde se dio un gran banquete en la Casa de Honor. Hubo tantos discursos, tanta gente que habló de sus

recuerdos de Niels Bohr, de conversaciones y discusiones, de viajes en velero y otras aventuras, que la cena avanzó a paso de tortuga. Después de cada plato había varios discursos, y aunque la fiesta duró hasta las once, no llegamos a finalizar el menú. A la mañana siguiente la Sra. Bohr hizo anunciar en el laboratorio que quien quisiera podía ir a dar buena cuenta del resto.

George von Hevesy aprovechó el cumpleaños como motivo para organizar un gran regalo del pueblo danés a Niels Bohr. Las cien mil coronas que se recaudaron bastaron para comprar medio gramo de radio, cuya entrega hizo Hevesy durante el homenaje. Con ese radio se pudo fabricar una fuente de neutrones que permitió a los físicos hacer muchos experimentos interesantes; pero la mayor parte de los neutrones —los que les sobraron a los físicos— los empleó el propio Hevesy para obtener fósforo radiactivo en sus experimentos biológicos con trazadores radiactivos, técnica que él había creado en gran parte y que explotó hábilmente.

Para utilizar el radio como fuente eficaz de neutrones hay que mezclarlo con berilio. Nosotros teníamos en el laboratorio unos cuantos trozos de berilio metálico, un metal muy duro, quebradizo y plateado que pulverizábamos fatigosamente en morteros de porcelana. Hoy día existen métodos más apropiados para hacerlo, y también más seguros, porque ahora se sabe que aproximadamente una persona de cada mil es altamente alérgica al berilio, y es muy probable que muera con sólo respirar porciones mínimas del metal. Me estremezco al pensar lo que podía haber ocurrido en Copenhague cuando me encargaron convertir en polvo fino esos trozos de berilio, aproximadamente una onza; porque lo que hice fue agenciarme una docena de morteros y poner a todos los del laboratorio a moler berilio por turnos, haciendo falta varios cientos de hombres-horas para reducir el duro metal a polvo fino (que curiosamente es negro); por suerte, nadie de los del laboratorio era alérgico. El polvo se mezclaba luego con una solución de sal de radio y se dejaba secar la mezcla; creo que era el propio Hevesy quien se ocupaba de esto.

La mezcla, una vez distribuida entre varias capsulitas herméticas con largos mangos, solía llevar una vida pacífica en el centro de una botella de vidrio, como de un galón de volumen, llena de disulfuro de carbono. La mayoría de los neutrones tenían así grandes probabilidades de chocar contra un núcleo de azufre y producir el isótopo radiactivo del fósforo que Hevesy necesitaba para sus experimentos. Una vez cada dos semanas se sacaban las botellas del pozo donde estaban guardadas, se retiraba la fuente de radio y se destilaba el líquido para concentrar el fósforo radiactivo. El disulfuro de carbono es muy volátil, de modo que la destilación requería sólo unas cuantas horas y una cantidad pequeña de calor; un procedimiento que, en condiciones normales, era completamente inocuo.

Pero hubo una vez que al pasar por delante del laboratorio de química vi que la mujer que supervisaba la destilación salía precipitadamente, tosiendo y gritando: «¡Fuego, fuego!» La combustión del disulfuro de carbono produce un humo denso de dióxido de azufre, así que antes de entrar para ver qué pasaba contuve la respiración. Apenas tuve tiempo para ver la gran llama azulada que silbaba en el cuello roto de la botella, porque al cabo de unos segundos empezó a faltarme el aire y tuve que salir a toda prisa de la habitación. El siguiente que apareció fue Hevesy, quien, armándose de valor, rodeó la parte superior de la botella con una toalla mojada, con la idea de ahogar la llama; pero lo único que consiguió fue que el cuello se rompiera todavía más abajo y que la llama saliera con más violencia que antes. La salvación apareció por último en la persona de nuestro jefe de taller, el Sr. Olsen; llegó a la carrera, acompañado de uno de sus ayudantes, que traía unas botellas de anhídrido carbónico provistas de un tubo de goma. Dirigió el tubo contra la llama para apagarla, pero ésta se limitó a ladearse y emitir un silbido como el de una serpiente furiosa. Pero de pronto se le encendió una bombillita: metió el tubo por el cuello de la botella y la llama se extinguió al instante. Todavía veo a Olsen en actitud triunfante, blandiendo el tubo de goma como si desafiara a la botella a vomitar otra vez fuego.

El Sr. Olsen era un tipo bajito y enjuto, pero muy buen mecánico y, como acabamos de ver, un hombre con inteligencia e iniciativa. Una de sus extravagancias era el orgullo que sentía por sus pantalones; los «pantalones del trueno», como él los llamaba, porque cada vez que se acercaba a un contador éste se disparaba. Años atrás se le había derramado encima un poco de solución de radio, pero Olsen se negó siempre a deshacerse de sus queridos pantalones. Y no parece que le acarrearan ningún mal.

Hubo otro incidente en el que aquellas botellas de disulfuro de carbono se convirtieron en una amenaza. El pozo donde se guardaba el radio había sido excavado hacía años, impermeabilizando el suelo para que no hubiese humedad; el fondo, que quedaba muy por debajo de la superficie y cuyo acceso era una escalera metálica de caracol, constituyó en su tiempo un buen emplazamiento (por la ausencia de vibraciones) para un espectrógrafo, un delicado instrumento óptico que ya no se utilizaba. Pues bien, un día, al ir a bajar la botella recién llenada al fondo, la encargada resbaló y rompió el recipiente. El disulfuro comenzó inmediatamente a evaporarse y la pobre muchacha subió como una exhalación la escalera de hierro, perseguida por esos vapores venenosos y altamente inflamables. Ya arriba, me pidió que fuera a ver qué podía hacer, así que contuve la respiración y empecé a bajar con todo cuidado por la escalera. A medio camino comencé a sentir escozor en los ojos, síntoma inequívoco de que la mitad del pozo estaba ya lleno de una mezcla explosiva de aire y del pesado vapor de disulfuro. Opté por dar marcha atrás, aunque atenazado por el miedo de que mis zapatos hiciesen saltar una chispa de la escalera y provocaran una explosión que me lanzara por los aires. Así las cosas, pensamos en la mejor manera de extraer los vapores del pozo, y el único modo seguro que se nos ocurrió fue el de utilizar una gran bomba de vacío que teníamos allí y expelerlos al aire libre, donde el viento los dispersaría. Pero calculamos que la operación duraría horas, y mi dormitorio estaba en la planta alta del instituto, aproximadamente en la vertical del pozo, con lo cual me

fui esa noche a la cama con pésimos presagios. A la mañana siguiente seguía, sin embargo, vivo y el peligro había pasado.

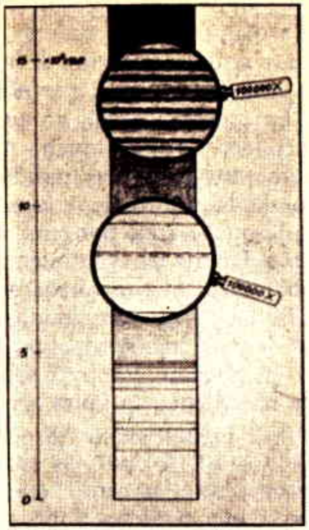
Los coloquios para hablar sobre nuevos experimentos e ideas se anunciaban muchas veces con muy poco tiempo de antelación; se corría la voz por todo el instituto y en cuestión de minutos estaba ya todo el mundo en la sala de conferencias, tratando de averiguar quién iba a hablar y sobre qué. Tales ocasiones eran sumamente informales, y recuerdo que una vez el joven físico ruso Landau (el mismo que refutó a Einstein después de una de sus conferencias), al acabar su exposición, se debió de sentir cansado y se tumbó de espaldas sobre un banco. En esa posición continuó gesticulando y discutiendo con Bohr, mientras éste, de pie e inclinado hacia adelante, trataba muy serio de convencerle de que no tenía razón. Ninguno de los dos parecía darse cuenta de que aquélla era una manera harto insólita de mantener una discusión científica delante de un auditorio. Tras seis años en el ambiente más bien convencional de Alemania, tardé un poco en hacerme a los hábitos informales del Instituto de Física Teórica de Copenhague, donde a la gente se la juzgaba exclusivamente por su capacidad para pensar con claridad y precisión. Yo añadiría que Bohr era demasiado cortés para decirle nunca a nadie que estaba desbarrando, pero pronto aprendimos lo que realmente estaba pensando cuando decía: «Muy interesante, muy interesante».

De vez en cuando llegaban noticias alarmantes de algún nuevo resultado experimental que parecía contradecir lo que sabíamos. Tales contradicciones eran como enemigos sobre los que había que lanzarse inmediatamente, y contra ellos dirigía Bohr toda la fuerza de su mente. Había ocasiones en que se comprobaba que el experimento no estaba bien hecho y entonces todos respirábamos; pero otras veces venía Bohr y con gran placer nos decía que era él quien se había confundido y que la contradicción desaparecía al adoptar otro enfoque más correcto del problema. Bohr jamás vacilaba un instante en reconocer que se había confundido. Para él sólo significaba entender

mejor las cosas, y ¿qué le podía hacer más feliz que eso?

Ahora que teníamos una fuente de neutrones, podíamos repetir y ampliar algunos de los experimentos que Fermi había hecho en Roma y que nos habían dejado muy intrigados. En concreto, estaba su descubrimiento de que los neutrones lentos tenían mucho más efecto sobre ciertos núcleos que los neutrones rápidos; pero incluso todo el fenómeno de la captura de neutrones era difícil de entender. Según lo que se creía por entonces acerca de los núcleos, el neutrón debería pasar limpiamente a través del núcleo, con probabilidad muy pequeña de ser capturado. Hans Bethe, en EE.UU., había intentado calcular esa probabilidad, y me acuerdo perfectamente del coloquio de 1935 en el que el ponente informó sobre ese artículo. Bohr no paró de hacer interrupciones, y yo, no sin cierta irritación, empecé a preguntarme por qué no le dejaría terminar tranquilo. Entonces, a mitad de una frase, Bohr paró de pronto en seco y se sentó, sin expresión en el rostro. Le miramos y nos temimos lo peor, es decir, que le hubiesen tomado a mal sus interrupciones. Pero no; se levantó y dijo con una sonrisa apologética: «Ahora lo entiendo».

El concepto que tomó cuerpo en esos segundos memorables es lo que se conoce con el nombre de «núcleo compuesto». Bohr había comprendido que un neutrón que penetra en un núcleo choca inmediatamente con uno de los protones o neutrones que hay dentro de él; esos nucleones chocan a su vez con otros, de manera que la energía del neutrón se disipa y distribuye rápidamente entre las demás partículas. Es como si el núcleo se calentara. Luego tiene que pasar mucho tiempo —en realidad una fracción minúscula de segundo, pero que es mucho en la escala nuclear— antes de que, por pura casualidad, uno de los neutrones adquiera suficiente energía para escapar. Si durante ese tiempo se pierde algo de energía en forma de un cuanto de rayos gamma —un fotón de alta energía—, entonces no queda en el núcleo suficiente energía y el neutrón queda atrapado para siempre. Dicho con otras palabras, el núcleo se puede enfriar por radiación, igual



Un dibujo del autor que utilizó Niels Bohr para mostrar cómo los niveles de energía nuclear se hacen más densos y más difusos a energías altas; por encima de la línea discontinua puede escapar un neutrón. Obsérvese que las lentes aumentan 100.000 veces (¡ya me gustaría saber cómo construirlas!).

que un hierro al rojo vivo, y después está demasiado frío para evaporar ni siquiera un neutrón. Este proceso dura un tiempo relativamente largo, y el principio de incertidumbre permite que el núcleo compuesto posea estados de energía netamente definidos; los experimentos de Fermi habían proporcionado ya algunos indicios que apuntaban en esa dirección. James Franck, el primero que demostró que los átomos tenían estados de energía discretos, no esperaba que existieran en los núcleos; la idea de Bohr, sin embargo, hizo verosímil su existencia.

Por aquel entonces yo no entendía mucho de todo aquello, pero Placzek, que sí estaba enterado, me convenció para que trabajáramos juntos y midiésemos la absor-

ción de neutrones lentos en oro, cadmio, boro y varias combinaciones de esos elementos. Placzek quería láminas de oro bastante gruesas y no se le ocurrió otra cosa que usar varias medallas de Premio Nobel que algunos de los amigos alemanes de Bohr habían dejado en Copenhague cuando los nazis llegaron al poder. Para nosotros fue una gran satisfacción poder emplear éstas por lo demás inútiles piezas de oro para un buen fin científico. Digamos de paso que las medallas corrieron nuevo peligro cuando los nazis ocuparon Dinamarca, y que Hevesy las salvó disolviéndolas en ácido y guardándolas en un frasco: uno más de tantos líquidos de laboratorio pestilentes. Después de la guerra se recuperó de nuevo el metal y Suecia volvió a acuñar las medallas.

Mi trabajo con Placzek demostró que el oro tenía una «resonancia» nítida, una fuerte preferencia por capturar neutrones de energía baja y bien definida, una energía de tan sólo unos cuantos electrón-voltios, es decir, miles de veces menos de lo que se había esperado. E igual ocurría con el cadmio. Bohr, que había predicho exactamente eso a partir de su idea de los «núcleos compuestos», estaba loco de contento con nuestros resultados y nos urgió a que los publicáramos cuanto antes. Pero no fue fácil. Placzek y yo discrepábamos acerca de la forma de presentar los resultados, y como él no se levantaba hasta el mediodía, teníamos que redactar el artículo durante la noche. La mayor parte de las discusiones finales fueron a altas horas de la madrugada, cuando yo ya estaba muerto de sueño y tenía la cabeza espesa. Tras dos noches extenuantes nos pusimos finalmente de acuerdo sobre el texto; pero viendo que Placzek emitía todavía tímidas protestas, cogí a las cuatro de la madrugada el artículo y lo llevé a la oficina de Correos más próxima para impedir nuevas modificaciones. A Placzek se le metió entonces en la cabeza que había que telefonear a Bohr, que aquella noche cenaba con el Rey; incluso llegó a buscar el Palacio Real en la guía. Menos mal que luego desistió cuando le dije que lo dejara, que probablemente se habría ido ya a casa.

Mi colaboración con Placzek era de lo más natural, por-

que él sabía perfectamente lo que buscaba y yo tenía el equipo experimental necesario, en concreto, un contador Geiger muy fiable que podía utilizarse para medir los efectos de los neutrones sobre las diversas muestras que queríamos irradiar. El problema era que teníamos los horarios cambiados. A mí me gustaba levantarme a las ocho, mientras que Placzek solía dejarse caer por el laboratorio a mediodía, bostezando y frotándose los ojos. Y yo prefería irme a la cama antes de medianoche, mientras que a él le gustaba trabajar hasta las tres o las cuatro de la madrugada.

Hevesy, que padecía de insomnio y se iba muchas noches a trabajar al laboratorio, me dijo una de esas veces con su grave voz húngara: «Frisch, te veo por el laboratorio a cualquier hora del día y de la noche. ¿Es que nunca duermes?». Tras explicarle el motivo de quedarme con Placzek hasta tan tarde y pedirle que pusiera otra vez el radio en su botella y apagara las luces después de irme yo a la cama, Hevesy, con la mirada perdida en su largo rostro melancólico, me contó la siguiente historia. «En el pueblo en que viví de pequeño capturaron una vez un pequeño cerdo cimarrón que había perdido a su madre. Lo pusieron en compañía de un cerdito doméstico para que crecieran juntos, pero la cosa no funcionó. El cerdito cimarrón estaba acostumbrado a la vida nocturna y ramoneaba por allí toda la noche, sin dejar que el otro durmiera; y el cerdito doméstico no le dejaba dormir al otro durante el día. Así que, al cabo de algunas semanas, los dos murieron.» Como es natural, le conté la triste historia a Placzek, quien aceptó sin demora el título de «cerdo cimarrón» como si fuese un honor. Placzek se empeñaba también en desvalorizar el hecho de que estuviera realizando un trabajo de tipo experimental, y cuando una vez le señalé que llevaba puesta una bata blanca que delataba a las claras su condición de experimentador, se la quitó a toda prisa. Lo curioso es que tampoco admitía que fuese un teórico y decía: «Soy experimentador, o por lo menos lo era, porque después dejé de trabajar, y desde entonces la gente piensa que soy un teórico». En realidad era falsa modestia, porque Placzek trabajaba incansablemente y

obtuvo resultados importantes en física teórica, aunque siempre con horarios intempestivos.

Mentiría si dijese que Placzek era una persona muy ordenada (¿pero quién soy yo para enmendarle la plana?) y en cierta ocasión anduvo desesperado porque no podía encontrar un manuscrito que le había prestado Niels Bohr. Nos imploró a todos que buscáramos los papeles y juró que sería la persona más ordenada del laboratorio si lo recuperaba. Algunos insistimos en que escribiera el juramento en la pizarra para que lo viera todo el mundo; Placzek accedió y lo escribió no sólo en inglés sino también en ruso, en caracteres cirílicos, y en hebreo y árabe para mayor seguridad. El manuscrito apareció poco después, pero no puedo decir que notáramos ningún cambio en los hábitos de orden de Placzek, aunque él mantenía firmemente que era fiel a su promesa. Un día que llovía mucho le presté mi sombrero, y como pasaron dos días sin que me lo hubiera devuelto, se lo recordé. Me confesó que lo había extraviado y se ofreció a pagármelo. «Cuando lo compré», le dije, «me costó dos libras; pero de eso hace ya muchos años.» Placzek sacó la cartera y me entregó el equivalente de dos libras, con el comentario de que él no traficaba con ropa vieja.

La historia siguió entretanto su curso y sucedieron cosas que ni siquiera un físico como yo, en su proverbial torre de marfil, podía ignorar. Hitler ocupó Austria, y de pronto dejé de ser austriaco; ya no había tal nacionalidad. Fui a la policía y me dijeron que tenía que solicitar pasaporte alemán; por mucho que me disgustaba convertirme en súbdito de Hitler, no había otro remedio. Mi temor era que los daneses se negaran ahora a renovarme el permiso, trámite por el que tenía que pasar todos los años; pero el único cambio que recuerdo es que el permiso se hizo semestral en lugar de anual. No sé si Niels Bohr avaló a los refugiados que trabajaban en su instituto (de los cuales yo no era ni mucho menos el único, claro está).

Poco antes de la ocupación de Austria había planeado un viaje de vacaciones junto con un larguirucho físico norteamericano, Jackson Laslett, que se había pasado varios

meses en Dinamarca aprendiendo danés sin utilizarlo jamás en el laboratorio. La mayor parte del tiempo estaba allí sentado, con los pies encima de la mesa, la silla en dos patas y sobre el regazo un pizarrín en el que, imperturbable, dibujaba una tras otra las piezas de un ciclotrón que estábamos construyendo. Nos lo había «prestado» Ernest O. Lawrence, en cuyo laboratorio de California se había construido el primer ciclotrón (una gran máquina para romper átomos). El viaje que teníamos planeado era por Suecia y Noruega, donde el idioma no era demasiado diferente del danés.

La ocupación de Austria ocurrió justo cuando partimos. Mi danés, por fortuna, era ya por entonces suficientemente bueno para convencer al funcionario de inmigración sueco de que me dejara entrar, a pesar de que mi pasaporte austriaco carecía de valor como documento de viaje. Así y todo, me aconsejó ir al consulado noruego en Goteborg antes de intentar pasar a Noruega, lo cual nos costó dos días, porque a Goteborg llegamos un sábado. Allí nos encontramos con unos amigos y pasamos juntos un buen fin de semana. Al lunes siguiente, el funcionario noruego se mostró cooperador y al ver que ambos llevábamos billetes de ida y vuelta nos dejó que prosiguiéramos el viaje sin poner en duda que mi intención era volver a Dinamarca. El tren pasaba justo a través de la cordillera central hasta la ciudad noruega de Bergen, muy al norte, y a medida que serpenteábamos lentamente hacia la divisoria de aguas nos iba apeteciendo cada vez más pasar al menos unas horas entre esas maravillosas colinas bañadas por el sol. Tomamos una decisión rápida y nos bajamos del tren con todo el equipaje; el ferrocarril se había perdido ya de vista cuando preguntamos a qué hora pasaba el siguiente: dentro de 24 horas, nos dijeron.

La perspectiva era bien negra: varados allí durante todo un día, en Finse, en lo alto de las montañas; el tiempo suave y soleado se había trocado en una desagradable tormenta de nieve; como estábamos en el mes de junio no habíamos llevado ni siquiera abrigo, y el hotel, a medio kilómetro de la estación, estaba cerrado porque no era temporada de esquiar. Al final tuvimos la suerte de convencer al portero para que nos abriera y nos dejara una habitación con dos camas, de donde el frío apenas nos dejó salir durante esas 24 horas aciagas. ¡Cómo nos alegramos cuando volvimos a coger el tren al día siguiente!

En Bergen, a donde llegamos tres días después de lo previsto, miramos los billetes y comprobamos con tristeza que tendríamos que perdernos la mayor parte de las atracciones que allí se nos ofrecían, como el famoso Hardanger Fjord; Laslett pensaba que debía volver a su trabajo. Así que tuvimos que desembolsar más dinero aún para volar desde Bergen a Stavanger, otro fiordo, pero que no es ni con mucho tan hermoso como aquél. Ese fue mi primer vuelo en avión, y en cierto modo me decepcionó porque se me hizo como un viaje en un desvencijado autobús de línea lleno de campesinos noruegos; pero la vista a nuestra izquierda, sobre las montañas nevadas, era en cambio magnífica. Desde Stavanger continuamos en autobús (como prescribían los billetes) hasta la punta meridional de Noruega, adonde llegamos maltrechos y mareados tras un viaje de varias horas por una carretera llena de curvas de horquilla. Allí embarcamos casi inmediatamente en un barco que nos llevó a través del Kattegat hasta Dinamarca: otro viaje horroroso que nos dejó mareados toda la noche. Aún después de pisar tierra firme nos seguía pareciendo que el suelo se tambaleaba, y las olas, al chocar explosivamente contra los acantilados, salpicaban espuma hasta cien pies de altura. Tras descansar un poco en casa del profesor Buch Andersen, un colega mío danés, Laslett insistió en coger al día siguiente el tren a Copenhague, mientras que yo me lo tomé con más calma y me quedé un par de días con esta encantadora familia, revolcándome en la hierba con los dos hijos pequeños, que eran muy revoltosos.

Cuando Hitler ocupó la zona del Rin, empecé a comprender que el equilibrio de toda Europa se tambaleaba, que lo lógico era que la precaria paz que teníamos no durase mucho y que tarde o temprano Hitler ocuparía Dinamarca, acabando con mi seguridad personal. Placzek

decía fríamente: «¿Por qué va Hitler a ocupar Dinamarca? ¿Es que no puede telefonear?». El humor era un poco negro, pero no estaba tan alejado de la verdad, porque cuando los alemanes invadieron finalmente Dinamarca, la resistencia militar no duró más que unas horas. A principios de 1939 la amenaza era bien patente.

Desde ese momento, cada vez que llegaba un visitante inglés sacaba yo mis antenas para ver si podía conseguir un puesto en Inglaterra, donde no correría el peligro de que me enviaran a un campo de concentración o de exterminio y donde incluso tendría la posibilidad de ayudar en la lucha contra los enemigos de la civilización. Mientras tanto continué mi trabajo en Copenhague, pero ya sin una entrega total. Veía que mis tiempos felices y fructíferos allí estaban tocando a su fin y que lo que ahora iniciase ya no lo acabaría. Entonces llegó la gran sorpresa: el descubrimiento de la fisión del uranio.

La energía de los núcleos

Antes dije que los pesos de todos los núcleos eran múltiplos del núcleo de hidrógeno, pero no es del todo cierto: la mayoría de ellos son aproximadamente un 1 por 100 más ligeros, y ahí estriba el secreto de la energía nuclear (o «atómica», como muchas veces se la llama). Cuando se juntan unos cuantos protones para formar núcleos más pesados, su masa total disminuye en una cantidad m y se libera una energía E que es muy grande y que viene determinada por la fórmula de Einstein $E = mc^2$. El factor c^2 (la velocidad de la luz multipicada por sí misma) es enorme, por lo cual una cantidad diminuta de masa equivale a muchísima energía; la masa de un clip, por ejemplo, equivale a toda la energía que usa una ciudad pequeña en un día.

La energía se mide en diversas unidades: en kW/h (kilovatios/hora) si se trata del contador de electricidad, Btu (British Thermal Units = unidades térmicas británicas) si es el hombre del gas, etc. Estas unidades están hechas a la medida del hombre y son demasiado grandes para un

núcleo. La unidad que suele utilizarse para el núcleo es el MeV (un millón de electrón-voltios), la energía de movimiento que adquiere un electrón (o un protón) al ser acelerado por un voltaje de un millón de voltios. Una partícula alfa suele tener de 5 a 10 MeV; para hacer que un reloj ande se necesita una energía varios millones de veces superior por segundo.

La fórmula de Einstein fue comprobada en los años treinta midiendo la energía de las partículas (p. ej. protones) liberadas en la ruptura del átomo. El choque de dos núcleos hacía que los nucleones se reordenaran y formaran dos núcleos nuevos; si ambos eran del tipo de los que se dan en la naturaleza, podían compararse las masas de los núcleos antes y después del choque y comparar la diferencia de masa con la energía liberada. La operación se efectuaba con unos aparatos llamados espectrógrafos de masas, cuya precisión llegó pronto a ser tan grande que permitió comprobar la fórmula de Einstein hasta fracciones de MeV; y se vio que se cumplía en todos aquellos casos en que los núcleos formados por la reacción eran estables y se prestaban por tanto a la espectroscopía de masas. Cuando se formaban núcleos inestables había que tener en cuenta la energía de las partículas que emitían aquéllos al transformarse de nuevo en núcleos estables. Pronto hubo una maraña de miles y miles de mediciones cruzadas que permitieron conocer con precisión la masa de varios cientos de isótopos.

¿Qué información nos dan esas masas? Por un lado nos dicen por qué el Sol sigue brillando. Si pudiésemos zambullirnos en ese ingente balón incandescente de hidrógeno (no del todo puro) que llamamos el Sol, veríamos que la presión y la temperatura aumentan rápidamente, hasta que cerca del centro se llega aproximadamente a los diez millones de grados centígrados. En tales niveles de calor, los núcleos de hidrógeno se mueven con tanta velocidad (unos 500 km/seg), que de vez en cuando chocan, a pesar de su mutua repulsión eléctrica. Aparte de eso hay también trazas de otros elementos que complican el proceso; Hans Bethe, a quien luego conocí en Los Alamos, fue el

primero que ideó un posible mecanismo para explicarlo con detalle. En aras de la brevedad diremos que, en esencia, se forman núcleos de helio, uno por cada cuatro núcleos de hidrógeno (dos de los cuales cambian de protones a neutrones), y que cada núcleo de hidrógeno libera 7 MeV durante el proceso. En este «fuego nuclear» se produce aproximadamente un millón de veces más energía que en el fuego ordinario (el químico), al quemar hidrógeno por combinación con oxígeno, por ejemplo. Aún así, la cantidad de hidrógeno que tiene que quemar el Sol para seguir brillando es asombrosa: unos diez mil millones de toneladas por segundo. Pero más sorprendente aún es que en los cuatro mil millones de años que han transcurrido desde que la Tierra se solidificó, el Sol sólo ha consumido una fracción de su hidrógeno, lo cual da idea de su tamaño.



Hans Bethe, alemán, maestro en todos los aspectos de la física teórica, sobre todo en su aplicación a los núcleos (Premio Nobel en 1967). (Dibujo del autor, hacia 1944.)

Si seguimos construyendo núcleos cada vez más pesados, se libera también energía, pero en cantidad mucho menor. Las estrellas a las que se les acaba el hidrógeno se tornan inestables, lo cual plantea cuestiones fascinantes acerca de la naturaleza de las novas, supernovas, púlsares, etc. Pero como por ahí nos meteríamos en un terreno más especulativo, volvamos a tierra firme.

Algunos de los datos básicos son los siguientes. Los núcleos ligeros contienen tantos neutrones como protones. El motivo es una variante de la regla de vivienda de Pauli: dos protones que giran en sentidos opuestos pueden habitar en un mismo estado cuántico, junto con dos neutrones que cumplan ese mismo requisito. La primera familia completa de esa clase es el núcleo de helio, que en la tierra es un elemento raro, pero que, en cambio, es muy común en el Sol y en las estrellas. Pero entonces, ¿por qué los núcleos más pesados poseen relativamente más neutrones? ¿Por qué la proporción entre neutrones y protones es de 1,2 a 1 en el cobre, de 1,4 a 1 en el iodo y de 1,6 a 1 en el uranio? Porque los protones son poco sociables: tienen carga eléctrica y se repelen mutuamente, de manera que un núcleo es más estable si algunos de sus protones se convierten en neutrones, aun cuando para ello tengan que pasar a estados cuánticos superiores. Como ya dije antes, los núcleos con demasiados o demasiado pocos protones se reajustan al cabo de un tiempo la proporción emitiendo un electrón o un positrón.

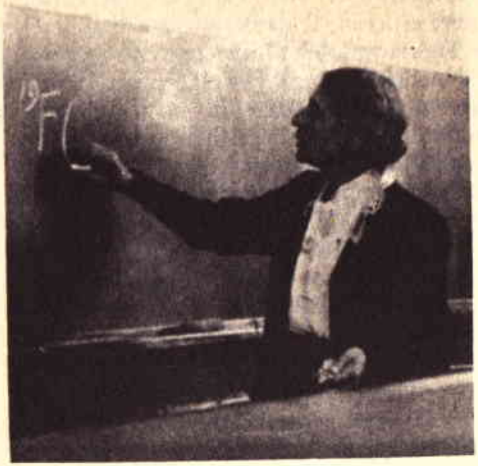
Ahora bien, dentro de los núcleos más pesados, los protones se hallan sometidos a la presión de su repulsión mutua aun en el caso de que la proporción protones/neutrones sea la óptima. ¿Por qué no salen despedidos? Es más, ¿qué es lo que mantiene la integridad de los núcleos? Los protones se repelen mutuamente, y en cuanto a los neutrones, al ser eléctricamente neutros, no pueden ser fuerzas eléctricas las que les retengan. Y la fuerza de la gravedad tampoco, porque es muchos millones de veces demasiado débil.

Hoy día sabemos que dos nucleones cualesquiera se atraen entre sí con gran intensidad, pero sólo cuando están muy cerca uno del otro. Para esa atracción no hay ningún nombre especial; la llamamos sencillamente «la fuerza nuclear». Podríamos describirla como una especie de pegajosidad, e incluso se cree saber algo acerca de la naturaleza del pegamento: sólo actúa entre nucleones que se hallan en el interior de un mismo núcleo, excepto durante breves instantes, cuando chocan dos núcleos.

Los núcleos tienen un truco para deshacerse de algunos de sus problemáticos protones. Dos protones pueden combinarse con dos neutrones y emigrar en familia; los 28 MeV que se ganan (como en el proceso que permite al Sol seguir brillando) sirven para pagar el visado de salida, como si dijéramos. El proceso sería imposible en la mecánica clásica; como montañeros que intentaran salir trepando de un cráter sin suficiente provisión de alimentos, las partículas verían que se les acababa la energía antes de alcanzar el borde y superar la atracción de los demás nucleones.

La física clásica, como decimos, es tajante en este punto; pero las leyes de la mecánica cuántica son más flexibles y permiten que nuestro montañero subatómico haga un «túnel» (esa es la palabra técnica que se utiliza) en la pared del cráter. O también cabe imaginar que dos protones y dos neutrones utilicen el principio de incertidumbre de Heisenberg para tomar a préstamo algo de energía, que devuelven después de abandonar el núcleo y convertirse en un núcleo de helio: una partícula alfa recién nacida que se aleja rápidamente, impulsada por la repulsión eléctrica del núcleo restante y deslizándose por la pared exterior del cráter, como si dijéramos. Pero ese préstamo no se concede sino tras incontables millones de solicitudes; o dicho de otro modo, la probabilidad de que, en determinada fracción de segundo, escape una partícula alfa es minúscula y depende, naturalmente, del tipo de núcleo. Esa probabilidad la calcularon, a partir de la ecuación de Schrödinger, Edward Condon (EE.UU.) y Ronald Gurney (G.B.) y también el ruso George Gamov, en 1926.

Hasta 1938 nadie soñó con que hubiese otra manera de que un núcleo pesado reaccionara a la repulsión mutua de sus numerosos protones y se dividiera en dos mitades

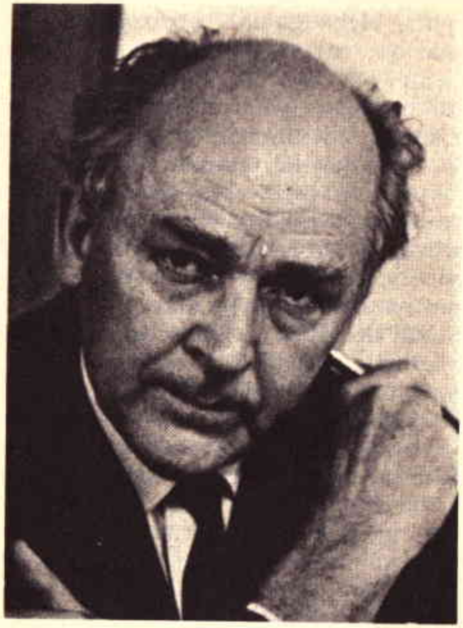


Lise Meitner, en una conferencia.

aproximadamente iguales. Fue casualidad el que yo interviniera en el descubrimiento de esta «fisión nuclear», que por primera vez mostró la manera de hacer que un número ingente de núcleos cediesen su oculta energía: el camino a la bomba y a la energía atómica.

La ocupación de Austria en marzo de 1938 hizo que mi tía, la física Lise Meitner, cambiara la nacionalidad austriaca por la alemana, aunque sólo fuese a efectos burocráticos. Famosa ya tras muchos años de trabajo en Alemania, temía ahora que la expulsaran por descender de familia judía. Corría además el rumor de que quizá se prohibiera a los científicos salir de Alemania; así que la convencieron —o acaso empujaron— para que saliera de allí sin demora, ayudada por algunos amigos en Holanda, y en otoño aceptó una invitación para trabajar en Estocolmo, en el Instituto Nobel dirigido por Maurice Siegbahn. Hasta entonces habíamos tenido la costumbre de celebrar juntos las Navidades en Berlín; esta vez la invitaron a pasarlas con unos amigos suecos en la pequeña ciudad de

Kungälv (cerca de Goteborg) y me pidió que me reuniese allí con ellos. Aquella fue la visita más trascendental de toda mi vida.



Fritz Strassmann, químico alemán que junto con Otto Hahn descubrió la fisión del uranio en 1938.

En primer lugar, diré que Lise Meitner había trabajado en Berlín durante treinta años con el químico Otto Hahn y que en los tres últimos habían bombardeado uranio con neutrones y estudiado las sustancias radiactivas así formadas. Fermi, que fue el primero en hacerlo, pensaba que había conseguido elementos «transuránidos», es decir, elementos situados más allá del uranio (el elemento más pesado que conocían a la sazón los químicos), y Hahn, como buen químico, estaba encantado de poder estudiar todos

esos elementos nuevos. Lise Meitner, sin embargo, vio la dificultad de explicar el gran número de sustancias distintas formadas, y las cosas se complicaron más aún cuando, en París, se hallaron algunas que evidentemente eran más ligeras que el uranio. Justo antes de marchar Lise Meitner de Alemania, Hahn había confirmado este extremo y comprobado que tres de esas sustancias se comportaban químicamente como el radio. Costaba creer que el radio, situado cuatro lugares antes que el uranio, pudiera formarse por impacto de un neutrón; Lise Meitner escribió a Hahn y le rogó que no publicara un resultado tan incomprensible hasta estar absolutamente seguro de él. Hahn, junto con su colaborador, el químico Fritz Strassmann, decidió entonces hacer experimentos exhaustivos para cerciorarse de que esas sustancias eran, efectivamente, de la misma naturaleza que el radio.

Cuando salí de la habitación del hotel después de mi primera noche en Kungälv, encontré a Lise Meitner enfrascada en una carta de Hahn y visiblemente preocupada. Quise contarle un experimento nuevo que estaba planeando, pero sin prestarme atención me dio a leer la carta. Lo que decía era realmente tan asombroso que al principio me mostré escéptico. Hahn y Strassmann habían comprobado que esas tres sustancias no eran radio, químicamente hablando; incluso les había sido imposible separarlas del bario que, por rutina, habían añadido para facilitar la separación química. Sin mucho convencimiento y con todo género de reservas, habían llegado a la conclusión de que eran isótopos del bario.

¿Un simple error? Lise Meitner opinaba que no; Hahn era un químico demasiado bueno para cometerlo. Pero, ¿cómo podía formarse entonces bario a partir de uranio? De los núcleos no se habían extraído jamás fragmentos más grandes que protones o núcleos de helio (partículas alfa), y para arrancar gran número de ellos ni siquiera había energía suficiente. Tampoco era posible que el núcleo de uranio se hubiera dividido sin más en dos. Un núcleo no era como un sólido quebradizo que se pudiese romper o partir; George Gamov había sugerido años atrás

que el núcleo podía ser más bien como una gota líquida, y Bohr había dado argumentos que lo apoyaban. ¿No sería que la gota se dividía de manera más gradual en dos más pequeñas, adoptando primero una forma alargada, adelgazando luego por el centro y estirándose finalmente en dos fragmentos en lugar de romperse bruscamente? Sabíamos que había fuerzas intensas que se oponían a ese proceso, igual que la tensión superficial de una gota líquida se opone a que se divida en dos más pequeñas. Pero los núcleos diferían de las gotas de líquido en un aspecto importante: tenían carga eléctrica y se sabía que la carga contrarrestaba la tensión superficial.

En ese momento nos sentamos los dos en el tronco de un árbol (la discusión anterior había transcurrido mientras caminábamos por el bosque nevado, yo con los esquíes puestos, Lise Meitner haciendo buena su tesis de que podía andar igual de rápido sin ellos) y empezamos a echar cálculos sobre un trozo de papel. Vimos que la carga de un núcleo de uranio era, efectivamente, suficiente para superar casi por completo el efecto de la tensión superficial, de manera que el núcleo de uranio podía asemejarse realmente a una gota muy temblorosa e inestable, lista para dividirse a la más ligera provocación, como podría ser el impacto de un solo neutrón.

Pero había otro problema. Tras separarse, las dos gotas se verían alejadas una de otra por su mutua repulsión eléctrica y adquirirían gran velocidad y por tanto una energía muy grande, aproximadamente de 200 MeV en total. ¿De dónde provenía tanta energía? Lise Meitner recordaba por fortuna la fórmula empírica para calcular masas de núcleos y comprobó que los dos núcleos formados por división de uno de uranio serían, juntos, más ligeros que el núcleo de uranio indiviso, con una diferencia de 1/5 de la masa de un protón. Según la fórmula de Einstein $E=mc^2$, siempre que desaparece masa se crea energía, y un quinto de la masa de un protón equivalía justamente a 200 MeV. De ahí salía la energía. ¡Todo cuadraba!

Dos días después marché para Copenhague, muerto de

excitación. Quería exponer nuestras especulaciones (que no eran otra cosa en aquel momento) a Bohr, que estaba a punto de salir para Estados Unidos. Apenas pudo dedicarme unos minutos; pero no había hecho más que empezar a hablar cuando se llevó la mano a la frente y exclamó: «¡Pero qué tontos hemos sido! ¡Qué maravilla! ¡Claro, tiene que ser así! ¿Habéis escrito ya un artículo?». Le dije que todavía no, pero que lo haríamos enseguida; Bohr me prometió no hablar del tema hasta que se publicara el artículo. Y con esas se fue a embarcar.

El artículo lo compusimos a través de varias conferencias telefónicas, porque Lise Meitner había regresado entretanto a Estocolmo. Le pregunté a un biólogo americano que trabajaba con Hevesy que cómo llamaban ellos al proceso en el que una célula se divide en dos; me dijo que «fisión», por lo cual utilicé el término «fisión nuclear» en ese artículo. Placzek, que estaba un poco escéptico, me preguntó por qué no hacía algún experimento para demostrar la existencia de esos fragmentos rapidísimos del núcleo de uranio. Por extraño que parezca, no se me había ocurrido; puse enseguida manos a la obra y el experimento (que en realidad era muy fácil) estuvo acabado en dos días; sin perder más tiempo enviamos una breve nota a *Nature*, junto con el artículo que había redactado por teléfono con Lise Meitner. Esta vez, sin un Blackett que acelerara los trámites, pasaron casi cinco semanas hasta que la revista lo publicó.

Entretanto llegó a EE.UU. el artículo de Hahn y Strassmann y varios equipos hicieron en el plazo de horas el mismo experimento que yo había hecho a instancias de Placzek. Pocos días después oyó Bohr acerca de mis experimentos, no por boca mía (porque me interesaba tener más resultados antes de gastar dinero en un telegrama transatlántico), sino por la de su hijo Hans, a quien yo le había hablado de pasada sobre mi trabajo. Bohr respondió con una avalancha de telegramas en los que pedía detalles y proponía nuevos experimentos, e hizo lo imposible por convencer a los periodistas de que el experimento decisivo lo había hecho Frisch en Copenhague antes que los americanos. De ahí viene probablemente la historia —publicada más de una vez— de que yo era yerno de Bohr (aunque éste nunca tuvo hijas y yo estaba soltero todavía). Incluso me imagino cómo sucedió; un periodista pregunta: «¿Cómo se ha enterado de esto, Dr. Bohr?». «Por mi hijo, que me ha escrito.» Y el periodista piensa: «Su hijo... pero el apellido es Frisch; debe de ser su hijo político.»

Mientras se armaba todo este revuelo en Estados Unidos, nosotros proseguimos tranquilamente nuestro trabajo en Copenhague. Lise Meitner pensaba que la mayoría de las sustancias radiactivas que se creía estaban más allá del uranio —las sustancias «transuránidas» de Hahn— eran probablemente también productos de la fisión; uno o dos meses después vino a Copenhague y lo demostramos mediante una técnica de «retroceso radiactivo» que había sido ella la primera en utilizar unos treinta años antes. Sin embargo, también se formaban elementos transuránidos, como demostró Ed McMillan en California, con técnicas mucho más sensibles que las que tenían Hahn y Meitner.

En medio de la euforia habíamos pasado por alto la cuestión más importante: la reacción en cadena. Fue Christian Møller, un colega danés, quien primero me sugirió que los fragmentos de la fisión (los dos núcleos recién formados) podían tener suficiente energía de sobra para expulsar cada uno un neutrón o dos; cada uno de éstos podría ocasionar otra fisión y generar más neutrones. Es decir, con una de estas «reacciones en cadena» los neutrones se multiplicarían en el uranio como conejos. Inmediatamente le respondí que, de ser así, no podrían existir depósitos de mineral de uranio, porque habrían explotado hace mucho por la multiplicación explosiva de neutrones en su seno. Pero enseguida vi que el argumento era demasiado ingenuo, porque el mineral contiene otros muchos elementos que se pueden tragar los neutrones, y además puede ser que si la capa exterior es muy fina deje escapar la mayor parte de ellos. De la observación de Møller se desprendía, pues, una visión inquietante: si se reunía suficiente cantidad de uranio puro (¡con todos los

cuidados del mundo!) se podía iniciar una reacción en cadena controlada y liberar energía nuclear en cantidades importantes. Muchos otros físicos llegaron por su cuenta a la misma idea, como no tardé en comprobar. El espectro de la bomba —una reacción en cadena incontrolada— también flotaba en el ambiente, para qué engañarnos; pero por el momento parecía que no había que tenerle miedo. Esa actitud de confianza se basaba en un argumento —sutil, pero al parecer sensato— propuesto por Bohr.

En un artículo sobre la teoría de la fisión que Bohr escribió en Estados Unidos junto con John Wheeler, llegaba a la conclusión de que la mayoría de los neutrones emitidos por los fragmentos de fisión serían demasiado lentos para producir la fisión del isótopo principal, el uranio 238. Como lo cierto era que los neutrones lentos sí provocaban fisión, él lo atribuyó al uranio 235, el isótopo raro. De ser así, la única posibilidad de obtener una reacción en cadena con uranio natural era conseguir decelerar los neutrones y aumentar, por tanto, su efecto sobre el uranio 235. Pero entonces era imposible llegar a una explosión violenta; los neutrones lentos se toman su tiempo, y aun cuando se diesen las condiciones para una multiplicación de los neutrones rápidos, en el mejor de los casos (¡o en el peor!) el conjunto se calentaría y se dispersaría, quedando libre una diminuta fracción de su energía nuclear solamente.

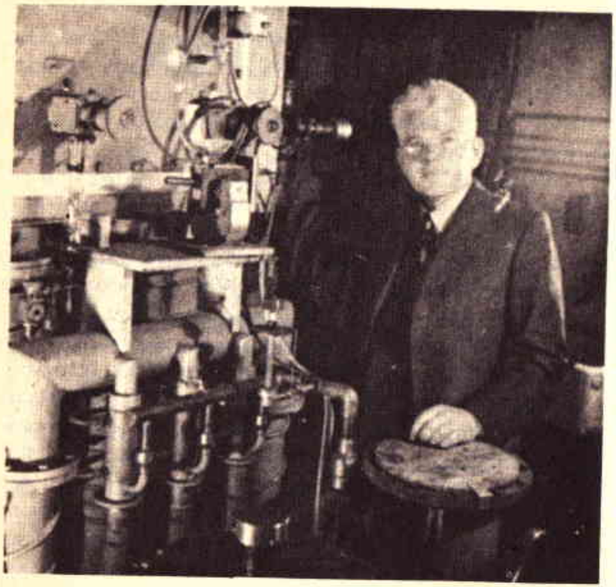
Hasta aquí todo era correcto, y el desarrollo de los reactores nucleares siguió en general las directrices que Bohr había previsto. Lo que no previó fue el fanático ingenio que desplegaron los físicos e ingenieros aliados, azuzados por el temor de que Hitler fabricara el arma decisiva antes que ellos. Yo estaba en Inglaterra cuando se declaró la guerra, y en Los Alamos cuando volví a ver a Bohr. Para entonces estaba claro que existían, no una, sino dos maneras de obtener una explosión nuclear: por separación del uranio 235, un isótopo altamente fisible, o empleando un elemento nuevo, el plutonio, que se forma en los reactores nucleares. Pero vuelvo a adelantarme a los acontecimientos.

Birmingham, 1939-1940

Mi salida de Dinamarca no fue nada espectacular. Recibí una carta de Mark Oliphant, jefe del departamento de física de la Universidad de Birmingham, en la que me invitaba a ir a pasar por allí durante las vacaciones de verano y hablar un poco de las posibilidades de trabajo; la cosa venía de algunos meses antes, cuando, durante una visita suya a Dinamarca, yo le había contado mi preocupación por el futuro. Así que hice dos pequeñas maletas y marché para Inglaterra, primero en barco y luego en tren, como cualquier turista. Oliphant me había impresionado por su aura de confianza y serenidad; en presencia suya tenía uno la sensación de que nada podía salir mal y de que lo que hubiera que hacerse se haría sin grandes aspavientos. Recuerdo un ejemplo. Estábamos en la sala de té y discutíamos de física; Oliphant dejó la taza en la mesa y dijo: «Es imprescindible que tengamos una pizarra en la sala; sin ella no se puede discutir», y le pidió a uno de sus ayudantes que localizara una que no estuviese en ese momento en uso. El ayudante volvió a los pocos minutos y

dijo que había encontrado una, pero que era demasiado grande para subirla por el hueco de la escalera. «No importa», dijo Oliphant, «podemos meterla por la ventana». Pidió a otro que buscara una polea, subieron al tejado, la fijaron e izaron la pizarra hasta la ventana; en menos de media hora estaba allí instalada. En otro lugar la operación hubiese requerido días de planificación y quizá algún que otro papeleo.

Pero volvamos a mis primeras semanas en Birmingham.



Mark Oliphant, discípulo de Rutherford, que dirigió en Birmingham parte de las investigaciones del radar y construyó luego el primer acelerador de alta energía de Inglaterra; más tarde regresó a Australia, su tierra natal, y recibió el título de Sir en 1957.

Era un verano cálido y agradable y creo recordar que me pasé buena parte del tiempo tumbado al sol. Oliphant me

había ofrecido un puesto de ayudante, pero todavía estábamos de vacaciones y no habían empezado las clases. La situación internacional era incierta, cualquier día podía ocurrir lo más impensado, y para mí hubiese sido precipitado volver a Dinamarca. Creo que a todos se nos pasaron por la cabeza escenas de *The Shape of Things to Come*, de H. G. Wells: una escuadrilla de aviones que arrojan miles de bombas, edificios que se derrumban, millones de personas que huyen, todo ello en el plazo de un día y probablemente sin declaración de guerra por medio.

Las cosas no vinieron así, pero la situación tomó un cariz cada vez más amenazante. Hitler recibió un ultimátum en el que se le conminaba a retirar las tropas de Polonia o considerarse en guerra con Inglaterra; todos, pegados a la radio, sentimos una fuerte sensación de tensa solemnidad cuando oímos que el plazo había expirado y que la guerra estaba declarada. Pero durante mucho tiempo no se derrumbaron edificios ni se escuchó el silbido de las bombas. Hitler, consciente de que Inglaterra no podía frenar su avance en Polonia, siguió adelante con sus planes antes de volverse contra Occidente. Mas todo esto es ya historia, y sería un atrevimiento meterme a historiador cuando hay otros mucho más calificados para hablar del tema.

Durante un tiempo viví en casa de una patrona cerca de la universidad; era el contrato usual de «bed-and-breakfast», y las comidas las hacía fuera. El invierno fue desacostumbradamente duro, y hubo semanas en que el termómetro no subió por encima de los cero grados e incluso llegó a los —18° C; temperaturas tan bajas son raras en Inglaterra, aunque yo había pasado más frío aún en Berlín. Nevó en abundancia, y por las mañanas, cuando atravesaba el pequeño jardín delantero, las paredes de nieve me llegaban a la altura de las caderas.

El trabajo que Oliphant me había asignado era harto informal. Oliphant daba clase a estudiantes de primero y lo hacía de una manera ligera y casi improvisada, confiado en su gran habilidad para exponer las cosas de modo convincente sin casi preparar la clase de antemano. Pero también se daba cuenta de que a algunos estudiantes se les

podía hacer el curso cuesta arriba, por lo cual, al final de la primera clase, les había dicho: «Para aquéllos que tengan dudas o quieran hacer preguntas, el Dr. Frisch estará en el aula 3 e intentará ayudarles».

Aquellas clases de dudas y preguntas eran muy animadas y me encantaban. Al entrar encontraba, normalmente, una veintena de estudiantes esperándome, y para no romper el ambiente informal me sentaba encima de la mesa, con los pies colgando, y les decía: «Venga, ¿quién empieza a disparar preguntas?». Al principio solía hacerse un breve silencio, para luego entrar todos en tropel. Recuerdo una vez en que la primera pregunta la hizo una chica que me dijo: «Explíqueme la viscosidad». «¿Pero qué parte de la viscosidad?», contesté. Y ella: «¡Pues todo!». El encargo no era pequeño, pero hice lo que pude para ayudarla a entender los apuntes que había tomado en clase de Oliphant.

Por aquel entonces había cantidad de problemas interesantísimos relacionados con la fisión nuclear, pero allí no estábamos bien equipados para ese tipo de trabajo, porque Birmingham no tenía ciclotrón. Oliphant había decidido además concentrarse en la investigación de lo que a la sazón llamábamos radiolocalización y que más tarde se llamó radar; es decir, la técnica de observar la dirección y distancia de un objeto (un avión enemigo, por ejemplo) mediante la reflexión en él de ondas de radio muy cortas. El trabajo era tan secreto que los extranjeros (que éramos unos cuantos) no podíamos participar ni saber lo que se estaba cociendo. Pero gran parte del secreto era un poco de pacotilla. Recuerdo que a la hora del té Oliphant se acercó una vez distraídamente a mi colega Rudolf Peierls (un físico matemático de primera línea, de origen alemán) y le dijo: «Si estuvieras ante el problema de resolver la ecuación de Maxwell para una cavidad de paredes conductoras en forma de hemisferio, ¿sabrías hacerlo?». Y Peierls contestó: «Bueno... el problema es interesante; lo pensaré»; y uno o dos días después volvió y le dijo: «Ya tengo la solución del problema de que me hablaste». Peierls sabía que el problema tenía que ver con la generación de ondas

eléctricas muy cortas, como las que se necesitaban para el radar, y Oliphant sabía que Peierls lo sabía, y creo que éste sabía que Oliphant sabía que él lo sabía. Pero ninguno de los dos soltaba prenda; ambos simularon que aquello era un problema puramente académico que Oliphant se había sacado de la manga y se lo había propuesto a Peierls, quizá para tantear sus dotes físico-matemáticas. Yo no tenía tales dotes matemáticas y por eso no podía participar en el trabajo, ni siquiera en tan limitada medida.

Así y todo me apetecía hacer alguna investigación y como es lógico busqué un problema relacionado con la fisión del uranio. Una de las cuestiones urgentes era averiguar si Niels Bohr tenía razón con su sorprendente tesis de que la fisión del uranio con neutrones lentos consistía en escindir, no el uranio 238, el isótopo más común, sino otro cien veces más raro, el uranio 235. La única manera segura de comprobarlo era preparar una muestra de uranio en la que las proporciones de los dos isótopos estuvieran invertidas. Empecé entonces a leer sobre posibles métodos de separar isótopos y dí con uno que me pareció muy atractivo por su sencillez; pensé que con un poco de ayuda de los escasos recursos de un departamento que estaba dedicado de lleno a la investigación del radar podría construir el dispositivo que necesitaba.

El método lo había inventado un alemán llamado Klaus Clusius y en su forma más elemental sólo requería un tubo largo vertical, con un alambre calentado eléctricamente a lo largo de su eje. El tubo había que llenarlo con un compuesto gaseoso del elemento cuyos isótopos uno quería separar, y la teoría de Clusius (confirmada por experimentos) indicaba que el material enriquecido con el isótopo más ligero se acumularía en la parte superior del tubo, mientras que el isótopo más pesado se iría al fondo. Todo muy sencillo.

El familiarizarme con la teoría me llevó varias semanas de duro trabajo matemático; comprobé —como sin duda sabía Clusius— que para obtener una eficiencia óptima era mejor utilizar, no un alambre fino, sino una barra o tubo grueso, calentado mediante un elemento eléctrico

colocado en el centro u otro método parecido. El tubo de vidrio me lo fabricó el soplador del laboratorio, y mi intención era hacer un ensayo previo con aire en el tubo. El nitrógeno, que era más ligero, debía acumularse en la parte superior y el oxígeno en la inferior, suponiendo que funcionase. (Naturalmente que hay métodos más sencillos de separar el oxígeno del nitrógeno, pero aquí se trataba sólo de comprobar el tubo.)

El trabajo avanzó, sin embargo, con bastante lentitud; los muchachos del radar no paraban de encargarle cosas al soplador de vidrio, con lo cual le quedaba muy poco tiempo para mí (aunque, todo hay que decirlo, Oliphant ya cuidó de que no me olvidaran por completo). Y también había problemas de espacio, porque todos los laboratorios estaban dedicados a la investigación del radar. Por fin encontré un aula pequeña que no se utilizaba y allí instalé mi equipo.

Mientras sucedía todo esto me invitaron inesperadamente a escribir un artículo para el Informe Anual de Avances de la Sociedad de Química; mi cometido era informar sobre los progresos habidos en física nuclear, en la medida en que fuesen de interés para los químicos. Me las arreglé como pude para escribir el artículo en mi salón-dormitorio, donde de día, con el fuego de gas encendido desde por la mañana, la temperatura apenas alcanzaba los 6 grados centígrados, mientras que de noche el agua se helaba en el vaso de la mesilla. Lo que hacía era arrimar una silla al fuego, ponerme el abrigo de invierno y colocarme la máquina de escribir sobre las piernas, para estar así protegido por todos los lados; la radiación del fuego de gas parece que me estimuló el riego sanguíneo del cerebro y el artículo estuvo listo en el plazo convenido.

Como es lógico, en mi informe había una sección sobre fisión nuclear, sobre lo poco que se sabía del tema en aquel momento; mencionaba la interesante posibilidad de una reacción en cadena, pero también reproducía el tranquilizante argumento de Niels Bohr de que no cabía producir una explosión de carácter realmente violento, ni siquiera en el caso de poder reunir una masa de uranio que

pudiese mantener una progresiva reacción en cadena. Bohr, como ya dije, afirmaba que los neutrones que emite el uranio en el proceso de fisión eran demasiado lentos para escindir el isótopo prevalente, el uranio 238, y que éste se los tragaría sin contemplaciones. El isótopo ligero, el uranio 235, capturaría sólo una fracción pequeña de los neutrones, experimentaría una fisión y produciría algunos neutrones más, pero no suficientes para una reacción en cadena.

La capacidad de fisión de los neutrones puede aumentar grandemente a base de hacerlos más lentos, y en Francia y EE.UU. se estaba experimentando para ver si con la ayuda de esos neutrones lentos se podía conseguir una reacción en cadena automantenida; la cuestión no estaba resuelta todavía. Pero aún en el caso de que eso fuese posible, señalaba Niels Bohr, haría falta mucho tiempo para disminuir la velocidad de los neutrones, de manera que la reacción en cadena sólo podría avanzar a un ritmo moderado. Podía ser un método de fabricar una fuente de energía, pero no una bomba de gran potencia. En el peor de los casos el material se calentaría rápidamente, se fundiría, y parte de él se evaporaría; al escapar los neutrones la reacción se detendría, y aquéllos no habrían liberado más que una fracción minúscula de la energía disponible en la masa de uranio. El resultado no sería peor que prender fuego a una cantidad parecida de pólvora. Cuando Bohr expuso este argumento, yo, como la mayoría de los que lo conocían, había sentido un gran alivio; como es lógico, lo reproduje en mi informe, que fue enviado y publicado.

Muchas personas me han preguntado si aquello no fue un caso de camuflaje deliberado. Puedo asegurar que no. Creía sinceramente lo que escribí, que la bomba atómica era imposible. Poco después de redactar el informe pensé que si mi tubo de separación de Clusius funcionaba bien, quizá se pudiesen utilizar varios de ellos para producir suficiente uranio 235 y conseguir una reacción en cadena realmente explosiva, que no dependiera de neutrones lentos. ¿Cuánto isótopo necesitaría? Para hallar una estimación utilicé una fórmula derivada por el teórico francés

Francis Perrin y refinada por Peierls. Como es lógico, no sabía si los neutrones de fisión reaccionarían intensa o débilmente con el uranio 235; pero una estimación plausible me dio la cantidad aproximada de uranio 235 que se necesitaba. Mi asombro fue grande cuando vi que era mucho más pequeña de lo que esperaba; no eran toneladas, sino algo así como una libra o dos.

Inmediatamente decidí discutir el resultado con Peierls. Yo había calculado la posible eficiencia de mi sistema de separación con ayuda de la fórmula de Clusius, y llegamos a la conclusión de que con algo así como unos cien mil tubos se podía producir una libra de uranio 235 razonablemente puro en un tiempo moderado, del orden de semanas. Nos miramos uno al otro y comprendimos que, después de todo, sí era posible fabricar una bomba atómica.

También aquí me han preguntado muchas veces por qué no abandoné inmediatamente el proyecto, sin decir una palabra a nadie. ¿Por qué seguir con un trabajo que, de salir bien, terminaría en la producción de un arma de violencia inimaginable, un arma de destrucción masiva como jamás había visto el mundo? La respuesta creo que es muy sencilla. Estábamos en guerra y la idea era, al fin y al cabo, bastante obvia; había muchas probabilidades de que a los científicos alemanes se les hubiese ocurrido lo mismo y estuviesen trabajando ya en ello. El científico alemán Gustav Hertz (el mismo que simuló beberse un matraz de alcohol puro) había sido uno de los primeros en separar isótopos (de neón, no de uranio) en cantidades importantes, y la posibilidad era perfectamente conocida para los físicos. Sea como fuere, Peierls y yo fuimos a hablarlo con Oliphant. Nos dijo que redactásemos un informe y que se lo enviáramos a Henry Tizard, asesor del gobierno en problemas científicos relacionados con la guerra. El escrito, que estuvo terminado en un par de semanas, fue decisivo para conseguir que el gobierno británico se tomara la bomba atómica en serio; ya había sido discutido, sobre todo por George Thomson, cuyo padre había descubierto el electrón en 1897.

Los científicos que empezaron a intervenir gradualmen-

te en ese trabajo no eran en su mayoría ingleses, sino refugiados que aún no habían cambiado de nacionalidad. Se ha dicho muchas veces que el motivo de que tantos perseguidos de Hitler colaboraran en el trabajo de la bomba atómica fue un deseo de venganza; pero no fue así. La razón principal es que la mayoría de los físicos ingleses que estaban dispuestos a hacer investigación bélica (y no todos lo estaban) habían empezado ya con otras cosas, sobre todo con el desarrollo del radar, que parecía el medio más eficaz de defender el país contra la aviación enemiga.

Entretanto había olvidado yo otro peligro que se cernía sobre mí; el de que me enviaran a un campo de concentración, lo cual, después de todo, era lo normal tratándose de un extranjero enemigo como yo; enviarle a un campo de concentración a menos que hubiese buenas razones en contra. Así que cuando recibí una notificación de la policía me presenté con cierto recelo, no disipado, por supuesto, cuando me preguntaron si tenía parientes que dependieran de mí, si me estaba preparando para algún examen y si iba a obtener algún título que me permitiera conseguir mejores oportunidades de trabajo. Es cierto que después de la entrevista me dejaron ir a casa, pero a mí se me hacía como que todas aquellas preguntas se resumían en una sola: ¿hay alguna razón para no internar a este sujeto? La mujer de Peierls estaba segura de que me internarían y me hizo comprar varias camisas de algodón que a un soltero como yo le resultasen fáciles de lavar. Por fortuna nunca tuve que hacerlo. Fui a ver a mi amigo y colega Philip Moon (sustituto de Oliphant, que se había ausentado por varios días) y le pedí que intentara convencer a la policía de que yo estaba participando en investigaciones bélicas importantes. Me dijo que lo intentaría y por lo que se ve lo consiguió, porque jamás volví a saber de la policía.

Mi intento de separar los isótopos de uranio se hallaba todavía en sus fases iniciales, y aun en el caso de que funcionara hacía falta algún tiempo antes de tener suficiente uranio 235 para medir directamente la intensidad con que era afectado por los neutrones. Así pues, pensé en un método indirecto, el de usar una fuente de neutrones bastan-

te lentos que —si Bohr estaba en lo cierto— no producirían fisión en el isótopo común, el uranio 238; la tasa de fisión observada sería entonces debida por entero al uranio 235. Esa fuente de neutrones podía obtenerse rodeando (¡no mezclando!) radio con berilio, al cual afectan entonces sólo los rayos gamma penetrantes. El radio es muy caro, pero de él se puede extraer el gas radón, que es una buena fuente de rayos gamma. El radón se desintegra con una vida media de cuatro días y se regenera a la misma velocidad en el radio del que fue extraído. A instancias mías, Oliphant consiguió algo de radón de un hospital de Manchester; el radio lo habían retirado por razones de seguridad y guardado bajo tierra en la Blue John Cavern, una cueva que hay en Derbyshire y que es un lugar turístico en tiempos de paz.

Así que un buen día me fui en tren a Manchester, y desde el hospital me llevaron en coche a la cueva. Bajamos por unas escaleras resbaladizas, atravesamos unos pasadizos llenos de fango y desembocamos en un recinto algo más amplio donde, poniendo una nota de incongruencia, había una mesa de laboratorio llena de vidrios, bombillas, tubos y espitas, muy parecido al equipo que había utilizado yo en Hamburgo. Era la planta para «ordeñar» el radio, para extraer el radón y comprimirlo en pequeños capilares de vidrio, no más largos de media pulgada. A petición de Oliphant se había dejado de ordeñar el radio durante una semana, de modo que se había acumulado gran cantidad de radón. Menos de media hora después, cuando el técnico acabó su trabajo, salí con un pequeño maletín en cuyo interior iba un pesado bloque de plomo con la diminuta cápsula llena de radón, equivalente en radiación a unos 3/4 de gramo de radio. Cualquier funcionario de seguridad se estremecería hoy ante la idea de andar por ahí con una cápsula a cuestas, protegida sólo por unas cuantas pulgadas de plomo, y de viajar, como hice yo, a escasos centímetros de esa fuente de radiación, primero en coche y luego en tren. Hoy día se consideraría esto como un riesgo inaceptable, tanto para mi persona como para los demás pasajeros.

Cuando llegué a Birmingham con el radón, lo primero que hice fue rodearlo de berilio y medir su efecto sobre una cámara de ionización que contenía un gramo o así de uranio; la cámara la había diseñado yo ex profeso. Continué sin interrupción las mediciones durante 36 horas, descabezando sueños de treinta minutos tumbado en un camastro y con el despertador a mi lado. Luego interrumpí las mediciones porque la fuente se estaba agotando y yo también.

Aquella cámara de ionización me llevó a un descubrimiento muy importante. El equipo electrónico que llevaba lo había construido Ernest Titterton, que más tarde fue profesor y jefe del departamento de física en Canberra (Australia) y recibió el título de Sir; por aquel entonces era un joven estudiante, muy brillante y activo, a quien Oliphant le había encargado ayudarme en mi trabajo. Yo había observado con disgusto que la cámara producía de cuando en cuando un impulso que parecía deberse a una fisión, pero que de seguro no podía deberse a ella porque no había fuente de neutrones. Llegamos incluso a registrar el laboratorio para ver si por casualidad se habían dejado olvidada una fuente pequeña en un cajón. Comprobamos el equipo electrónico y ensayamos toda suerte de mejoras. Todo fue en vano, y al final tuve que admitir que el uranio sufría de vez en cuando una fisión espontánea. Por culpa de la guerra y del secreto que rodeaba a nuestros trabajos, Titterton no pudo publicar este importante descubrimiento; lo hicieron, hacia la misma época, dos físicos rusos, G. N. Flerov y K. A. Petrzhak, que hoy día pasan por los descubridores de la fisión espontánea.

Mi maratoniana medición de 36 horas había dado una tasa de fisión más baja de lo que esperaba; es decir, había sobreestimado el efecto de los neutrones sobre el uranio 235 y, por consiguiente, subestimado la cantidad que haría falta para una bomba atómica. Peierls, por fortuna, había descubierto entretanto un método sencillo de reducirla, que consistía en rodear el uranio con un material que devuelve algunos de los neutrones y evita que escapen sin ser utilizados; de modo que a fin de cuentas no está-

bamos mucho peor de lo que habíamos estimado al principio.

De la vida cotidiana en Birmingham durante aquella época no recuerdo mucho. Al principio me alojé en pensiones, pero Peierls y su mujer, que se llamaba Genia y era de origen ruso, me invitaron luego a vivir con ellos, porque acababan de mudarse a una casa más grande y tenían sitio. El plan era agradable, cómodo y divertido. La cuñada de Peierls solía tostar el pan del desayuno en el fuego de gas, con un tenedor de tostar; los gritos de «¡que está echando humo!» los ignoraba por completo, y sólo acudía a retirar el tenedor a la voz de «¡que se están quemando!». Entonces se quedaba mirando durante un rato cómo se quemaba el pan, lo apagaba soplando y se comía el carboncillo.

Genia llevaba la casa con jovial inteligencia, un cierto deje de Manchester y un soberano desprecio ruso por el artículo definido. Me enseñó a afeitarme todos los días y a secar platos a la misma velocidad con que ella los lavaba, habilidad que me ha sido muy útil muchas veces desde entonces. Incluso antes, cuando vivía aún en pensiones, solía pasar las tardes con los Peierls y regresar luego a pie en medio de la ciudad oscurecida, dando un paseo de unas dos millas. Si había luna o el cielo estaba más o menos claro, no había problema, e incluso me invadía una sensación de paz el estar a solas con las estrellas. Pero había noches que al cerrar la puerta creía haberme vuelto ciego, porque era imposible distinguir el cielo de la tierra. La adaptabilidad del hombre es, sin embargo, asombrosa y por lo general lograba recorrer esas dos millas al paso de costumbre, sin ningún incidente... excepto una noche especialmente oscura que tropecé con un banco del que no me acordaba. Mucha gente había optado por ponerse en el sombrero pegatinas luminosas que emitían un brillo tenue y evitaban choques fortuitos entre los transeúntes. Pero las farolas no llevaban pegatinas. Los automóviles eran visibles, aunque tampoco mucho; los faros iban tapados y sólo dejaban escapar una rayita de luz, justo para advertir de su presencia a los peatones y para que el

conductor viese unos cuantos pies delante de sus narices.

El informe que Peierls y yo enviamos a (Sir) Henry Tizard por consejo de Oliphant había dado lugar a la formación de un comité presidido por (Sir) George Thomson y que recibió el nombre codificado de «Comité Maud». El origen del nombre fue un telegrama de Niels Bohr que acababa con las misteriosas palabras «AND TELL MAUD RAY KENT». Todos estábamos convencidos de que aquello era un mensaje cifrado, posiblemente un anagrama, para advertirnos de algo. Intentamos reordenar las letras y obtuvimos soluciones como «Radium taken» (radio capturado), presumiblemente por los nazis, y «U and D may react» (U y D pueden reaccionar), que interpretamos como que se podía obtener una reacción en cadena utilizando uranio en combinación con agua pesada, un compuesto de oxígeno y el isótopo pesado del hidrógeno llamado deuterio, D en abreviatura. El misterio no se aclaró hasta después de la guerra, cuando supimos que Maud Ray era una gobernanta en la casa de Bohr y que vivía en Kent.

Peierls y yo, como extranjeros enemigos que éramos, no tuvimos, en un principio, acceso a las deliberaciones del Comité Maud. La medida era a todas luces ineficiente, porque no sólo había sido nuestro informe el que había puesto en marcha todo el tinglado, sino que también habíamos reflexionado sobre muchos de los problemas que se plantearían. Lo lógico era que nos consultaran. Al final se formó un subcomité del cual éramos miembros y cuyo cometido era estudiar cuestiones técnicas; las decisiones políticas de nivel más alto caían fuera de nuestra jurisdicción, al menos oficialmente. Una de estas reuniones del comité (que se reunía en Londres) se me quedó grabada en la memoria. Era la primera vez que invitaban a un colega americano, Lauritsen, que se hallaba de visita en Londres por razones de su trabajo sobre misiles dirigidos; y a nosotros nos convenía interesar a los americanos en nuestro trabajo. Charles Lauritsen era de origen danés, había salido de su país de joven y, sin formación académica alguna, se había abierto paso hasta el puesto de profe-

sor en el Caltech, el Instituto de Tecnología de California en Pasadena. Después de la reunión fuimos andando por Picadilly hasta su hotel y le expliqué todos los detalles que pensé podrían habérsele pasado por alto durante la reunión. Quien piense que corrí un riesgo inútil se equivoca, porque no creo que haya ningún lugar mejor que las aglomeraciones de Picadilly para transmitir información secreta, y además en danés.

La primera vez que visité Liverpool fui con Peierls, por invitación de (Sir) James Chadwick, el descubridor del neutrón. Chadwick estaba en contacto con las Imperial Chemical Industries (I.C.I.) y les había pedido informes acerca de la posibilidad de fabricar hexafluoruro de uranio, el único compuesto gaseoso de uranio que se sabía era suficientemente estable para meterlo en un tubo de Clusius. En el departamento de física de la universidad nos indicaron el despacho de Chadwick; llegó al cabo de un rato, se sentó a la mesa y empezó a escrutarnos en silencio mientras movía la cabeza de un lado a otro como un pájaro. La situación no dejaba de ser un poco desconcertante, pero aguardamos con paciencia. Al cabo de medio minuto dijo por fin: «¿Cuánto hex quieren ustedes?». Ese era Chadwick: nada de formalidades, derecho al grano.

A la vuelta le indiqué a Oliphant que mis experimentos corrían el peligro de verse retrasados debido a las investigaciones del radar, mientras que el instituto de Liverpool no había iniciado todavía ningún trabajo relacionado con la guerra y tenía además un ciclotrón que servía de potente fuente de neutrones de energía controlable. Liverpool era «área prohibida» y no estaba abierta a extranjeros de países enemigos; pero Chadwick accedió a reclamarme y a hacer las gestiones oportunas cerca de las autoridades.

Liverpool, 1940-1943

Fue en Liverpool donde oí por primera vez el aullido de las sirenas de alarma antiaérea. Al principio la gente seguía las instrucciones y corría a guarecerse en los refugios; pero cuando vieron que no pasaba nada y que al cabo de algunos minutos sonaba siempre la nota sostenida que indicaba el final del peligro, empezaron a ignorar las sirenas. Eso de día, porque de noche la alarma iba seguida normalmente por el traqueteo de la artillería antiaérea y a veces por el ruido de la metralla. En la pensión en que yo vivía estábamos todos muy asustados y nos refugiábamos en el sótano, como ordenaban las instrucciones. Pero también ese hábito se extinguió al cabo de un tiempo, y recuerdo haber pasado muchas noches en el cuarto de estar jugando al veintiuno con dos oficiales que, por no se sabe qué razón, no tenían nada mejor que hacer. Otras veces me ponía a tocar el piano, aunque algunos de los huéspedes decían que preferían el ruido de los cañones.

Los bombardeos empezaron luego a intensificarse, y al salir a la calle por la mañana uno encontraba que edificios

que estaba cansado de ver eran ahora cascarones vacíos, con un par de muros en estado precario; al poco rato llegaba una grúa móvil que hacía oscilar una gran bola de acero contra las paredes en ruinas hasta que caían en medio de una nube de polvo y escombros. Alguno de los estudiantes de arquitectura que vivían en mi misma pensión ayudaron en los trabajos de demolición, donde, como dijo uno de ellos, se aprendía también arquitectura. Pero la vida seguía y llegamos a acostumbrarnos a este estado de cosas; sabíamos que el blanco principal de los ataques aéreos eran los muelles, que estaban a varias millas de donde vi-



Colaboración entre G. B. y EE.UU., sobre la base de un respeto mutuo: a la izquierda, James Chadwick (1891-1974), que descubrió el neutrón en 1932; fue jefe de la misión de energía atómica británica enviada a EE.UU. en 1943; Premio Nobel en 1935. A la derecha, Leslie Groves, el general norteamericano que tenía a su cargo el proyecto de la bomba atómica.

víamos, y que por tanto era poco probable que nos alcanzara un impacto.

Una noche hubo, sin embargo, un violento bombardeo que afectó a toda la ciudad. Acurrucados en el hueco de la escalera, que se decía era el lugar más seguro, oíamos silbar las bombas muy cerca de nosotros. Hubo una que la oímos aproximarse durante un buen rato y que nos hizo pensar que nos había llegado la hora; la explosión fue terrible, seguida de un estruendo de cristales rotos: todas las ventanas de la pensión quedaron hechas añicos. La patrona decidió abandonar la nave y sin molestarse siquiera en cobrarnos la mensualidad, desapareció. Yo hice mis maletas y me fui a pie (no había tranvías, porque el pavimento estaba sembrado de cráteres de bombas) hasta la casa de un amigo mío, el físico matemático Maurice Pryce, que vivía a seis millas del centro de Liverpool y estaba casado con Gritly, hija de Max Born. Cuando, tras dos horas de caminata, solté por fin las maletas en el hall, Pryce no puso inconvenientes a que me quedara, pero me advirtió que se iban a mudar dentro de poco; tenían un hijo recién nacido y estaban tratando de irse a vivir a un lugar más tranquilo.

En casa de los Pryce descubrí que una manera de hacerme útil era darle palique al bebé cuando empezaba a llorar por la mañana. Sin duda hubiera preferido que le diese leche, pero se conformaba con un poco de conversación y algunas cosquillas, y, finalmente, se volvía a dormir cuando veía que la leche no llegaba. Una noche, a los dos días de estar allí, alguien me despertó con la noticia: «Frisch, que tu casa está ardiendo». La voz era la de Tom Chalmers, físico médico y encargado de la defensa civil. Para él los ataques aéreos eran como una gran broma, una aventura; en medio del bombardeo había llegado en coche hasta la casa de los Pryce para recogerme e ir a recuperar las cuatro cosas que había dejado en la pensión. Cuando llegamos a la ciudad estaba toda ella iluminada por el resplandor de los incendios; pero por lo demás había calma, y enseguida sonó el toque de normalidad. En realidad no era mi casa la que ardía, sino la iglesia de

al lado y los bomberos habían conseguido salvar las casas contiguas. Uno de ellos me contó que durante la faena había sentido el ridículo más grande de su vida, encaramado a la escalera y sin una gota de agua que saliese de la manguera; con tantos incendios que apagar a la vez se habían quedado sin presión. Rescaté mi máquina de escribir (no había mucho más que recoger) y Chalmers volvió a depositarme en mi tranquilo suburbio.

Toda esta excursión nocturna estuvo, en realidad, dentro de la más estricta ilegalidad, porque, como extranjero que era, tenía que observar el toque de queda y no podía salir a la calle después del anochecer. Semejante disposición obstaculizaba bastante mi trabajo, porque para llegar a casa antes del toque me veía obligado muchas veces a interrumpir una serie de mediciones que podría haber completado en una o dos horas más. Y para colmo de males, tampoco podía utilizar bicicleta. Cuando se lo expliqué a Chadwick se hizo perfectamente cargo de mis problemas y convenció al jefe de policía de Liverpool para que hiciera una excepción conmigo, de modo que a partir de entonces ya pude salir y entrar en bicicleta a cualquier hora de la noche.

La familia Pryce se fue algunos días más tarde, dejándome la casa e incluso a la señora de la limpieza. Durante un buen tiempo viví como un rajá, en un agradable distrito residencial donde podía dormir en paz. Sólo me sacaron del sueño una vez, en que al despertar oí extrañas voces en el jardín que decían: «Pues tendremos que forzar la ventana». Salté de la cama como una exhalación y asomando la cabeza grité: «Pero, ¿qué pasa?». Los dos encargados de la vigilancia civil, en medio de un jardín gloriosamente iluminado, repusieron: «Anda, pero si hay alguien ahí dentro. ¿Qué ocurre con esas luces?». Entonces me di cuenta de la enorme torpeza que había cometido: dejar encendidas las luces del cuarto de estar y olvidarme de correr las cortinas negras. Suerte que la noche estuviese tranquila y no hubiera aviación enemiga; los vigilantes aceptaron mis agitadas excusas y allí acabó todo.

Las cosas fueron algo más complicadas otra noche de verano, volviendo a casa en bicicleta después del toque de queda, pero ya en posesión del permiso correspondiente. Iba tan tranquilo por la carretera, cuando de pronto me para un policía. Me dispongo a explicarle mi peculiar situación, pero lo único que le interesa es que voy sin luces. Le aseguro que todavía hay claridad suficiente para ver, mas él insiste en que la hora de encender los faros ya ha pasado y procede a tomarme nombre y dirección. De un momento a otro veo que va a detectar mi acento y mi nombre extranjero y que va a espetarme la temida pregunta: «¿Qué diablos hace usted aquí montado en una bicicleta y después del toque de queda?» No sé si es que me esmeré en sacar mi mejor inglés o que me tomó por uno de esos londinenses que a un ciudadano de Liverpool le suena igual que un extranjero. Pero el caso es que al final me dejó ir; después de encender las luces, claro.

Dos semanas después recibí, no una, sino dos multas: la primera por el faro delantero, la segunda por la luz de atrás. Yo ya me imaginaba delante del tribunal, exponiendo humildemente mi caso; pero quiso la suerte que la citación cayera justo en medio de unas breves vacaciones que tenía pensado pasar con los Peierls en Cornwall, así que fui a la policía y pregunté qué debía hacer y si podía cambiar la fecha. No, la fecha no se podía cambiar; pero me aconsejaron que redactara una nota, dirigida al magistrado, en la que me declarara culpable y le asegurara que no reincidiría. Al final, todo quedó en el pago de una multa de diez chelines, cinco por cada faro.

La verdad es que hubo infracciones más graves que cometí de un modo totalmente inconsciente. Un viejo amigo mío de Viena, el doctor Herz, un cardiólogo a quien le habían puesto el mote de Herz-Herz (porque Herz significa corazón en alemán), se había instalado en Gales, no lejos de Liverpool, en la ciudad de Mold. Yo le tenía gran aprecio e iba a visitarle cada dos o tres domingos. Cogía el autobús hasta Chester, me daba un paseo por esta pintoresca ciudad, con sus viejos claustros y su bellísima catedral, y tomaba luego otro autobús hasta Mold, donde pasaba una tarde agradable en compañía de

este sabio anciano. Herz tenía una manía, quizá reliquia de otros tiempos más cargados de compromisos, y era que cada dos por tres quería saber la hora exacta; así que para estar completamente seguro llevaba dos relojes en la muñeca. El viaje de vuelta resultaba a veces más accidentado. La hora a la que volvía de Chester a Liverpool en autobús solía coincidir con el aullido de sirenas que anunciaban la aviación enemiga. Algunos conductores se negaban entonces en redondo a meterse en el fregado, y parando en las afueras de Liverpool daban la voz de: «Todo el mundo abajo, el autobús no sigue». La única manera de llegar a casa era hacer auto-stop, y más de una vez entré en la ciudad encaramado en la caja de un camión militar, vehículo más que extraño para llevar a un extranjero de un país enemigo. Después de la guerra descubrí además que Chester era, al igual que Liverpool, zona prohibida en la que no podían entrar extranjeros de países enemigos, aunque una y otra tenían distinta jurisdicción, de manera que habría tenido que llevar permiso de dos jefes de policía cada vez que salía de viaje. El caso es que nunca me pescaron, y ni siquiera sabía que estaba infringiendo la ley.

En el laboratorio tardé bastante tiempo en aprenderme dónde estaba cada cosa, y Chadwick, todo previsión, me asignó a uno de sus estudiantes, John Holt, para que me echara una mano. Por aquel entonces yo era un joven enérgico y nervioso, y con aquel estudiante pegado a todas horas a mis talones no tardaron en colgarnos el mote de «Frisch and Chips». (Me apresuro a decir que «Chips» fue después profesor de la Universidad de Liverpool.) Juntos fabricamos un pequeño separador Clusius y comprobamos que no daba ninguna separación mensurable; otros científicos confirmaron que el hexafluoruro de uranio es uno de los gases para los que el método de Clusius no funciona. Peierls, por fortuna, contando con esa posibilidad, había inventado, junto con Franz Simon, otro método que utilizaba la difusión a través de membranas porosas; era más complejo pero de funcionamiento seguro, tal y como se comprobó. (Gustav Hertz había utilizado un método parecido para separar isótopos del neón.)

Otro personaje que andaba por allí era Gerry Pickavance, muy atareado en construir un espectrómetro de masas. Era un hombre joven, de personalidad muy agradable y del que me hice buen amigo. Poseía un don especial para resolver problemas técnicos y organizar el trabajo, y más tarde fue jefe del laboratorio Rutherford y responsable de la construcción de un gran acelerador de partículas. Para sus muchos amigos fue un gran dolor cuando en 1970, en la cumbre de sus facultades, sufrió una hemorragia que le privó casi totalmente del habla. A todos se nos antojó fatídico el que un percance así cayera, precisamente, sobre una persona jovial, comunicativa y amable. Entre paréntesis diré que Pickavance, como motorista, aunaba una velocidad media alta con una singular ausencia de accidentes; a veces decía que le hubiese gustado ser corredor de competición.

A John Moore, el técnico jefe, le tomé al principio cierta prevención porque tenía una lengua venenosa. Parece ser que una vez se lo comenté a alguien y éste se lo dijo. Moore vino enfurecido a preguntarme que qué infundios iba yo propagando por ahí sobre él; yo también me enfadé y nos enzarzamos en una gran bronca, después de la cual quedamos como excelentes amigos. Cuando acabó la guerra fue responsable de la construcción del gran ciclotrón de Liverpool, que sustituyó a otro más pequeño, que es el que tenían cuando yo estuve allí.

El que yo tuviese una vida privada fuera del laboratorio se lo debía en gran parte a Joseph Rotblat, un físico polaco que estaba de permiso de estudios en Inglaterra cuando estalló la guerra. Cuando Polonia fue invadida y dividida entre alemanes y rusos, perdió todo contacto con su familia, y su mujer murió o la mataron al tratar de huir. Lo natural es que un hombre que ha vivido tales desventuras estuviese amargado; Rotblat no lo dejaba traslucir para nada. Era una persona simpática y sociable, que se desvivía por lo demás y le encantaba ayudar a la gente. Más tarde fue Secretario General de las Conferencias Pugwash y ha trabajado tanto como el que más por la paz.

Recuerdo una vez que me invitó a tocar el piano ante un grupo de soldados polacos acuartelados en Liverpool. Cuando llegué allí me encontré con un aula atestada con unas cien personas, y un vetusto piano vertical con una



Joseph Rotblat, físico experimental nacido en Polonia, que luego se especializó en los efectos médicos de las radiaciones nucleares. Durante muchos años fue secretario de las Conferencias Pugwash, que reunieron a científicos de todo el mundo para buscar la manera de desterrar la amenaza de una guerra nuclear. (Caricatura del autor.)

docena de teclas mudas. Hice una prueba y me dije: de melodías delicadas, nada, que se echa a perder en cuanto falles una nota; mejor algo a base de octavas, música que meta mucho ruido. Así que, haciendo de tripas corazón, interpreté la Gran Polonesa de Chopin, una pieza que, para qué mentir, me viene muy grande, pero que para aquella gente estaba cargada de significado; la Gran Polonesa es para los polacos casi un himno nacional, y oírla tocar en un país extranjero tuvo que ser para ellos una experiencia conmovedora. Cuando acabé mi desastradísima actuación sonó una tormenta de aplausos.

Joe me puso también en contacto con gente inglesa, entre los cuales merece mención especial Evan Gill. Dos de sus hermanos eran artistas, otro físico y un cuarto obispo. Me confesó que él era el único que no era famoso, sino un simple empleado en un molino de harina; pero lo cierto es que era un hombre culto y de múltiples aficiones. Uno de sus hermanos, Eric Gill, era un famoso escultor y grafista, cuyos alfabetos utilizaban el periódico *The Times* y el Metro londinense y que tuvo gran influencia en el diseño de caracteres claros y bien proporcionados. Nunca llegué a conocer ni a Eric ni a ninguno de los hermanos, pero Evan me regalaba de cuando en cuando pequeñas láminas (grabadas en madera) de su hermano, que todavía guardo y admiro. Evan trabajaba también en una bibliografía completa de la obra de Eric y en otra de la isla de Nueva Guinea, que otro de sus hermanos había explorado. Me prestó un libro sobre el tema, y me quedé pasmado ante lo increíblemente abrupto que debía de ser aquel territorio, todo lleno de grietas y de crestas, hasta el punto de que se tardaría un día entero en andar una milla; explorar un país así tenía que ser un trabajo hercúleo. Cada pocas páginas tenía que cerrar el libro para recobrar el aliento.

Pronto me convertí en visitante asiduo de la casa de Evan Gill, donde nos reuníamos para hacer música juntos. Evan tocaba el violín, algo impedido, eso sí, por una herida recibida en la Primera Guerra Mundial, pero todavía suficientemente bien para poder disfrutar de la música. A menudo se nos unía Gordon Robinson, un joven y jovial clérigo que tocaba bastante bien el piano; yo pasaba entonces a una fídula que tenía Evan. Mi violín lo había dejado en Dinamarca y no volví a verlo hasta después de la guerra.

La primera vez que estuve en casa de Evan Gill les pregunté, al marcharme, cuál era la mejor manera de volver a

la ciudad, porque vivían a un par de millas del centro. Mabel, su mujer, me indicó la parada del autobús, que estaba a pocos minutos de allí; pero cuando le pregunté qué línea había que tomar, frunció el ceño y dijo que no sabía: lo que hacía ella era ir a la parada y esperar hasta que reconocía al conductor. Pienso que es una manera muy inglesa de coger un autobús.

Otra ocasión en la que pude entrever algo del estilo inglés de hacer las cosas fue cuando cayó una gran bomba de paracaídas en el patio del departamento de física. Esa misma tarde había estado construyendo un instrumento muy delicado, y en el último momento, por culpa de un movimiento involuntario, había roto la fibra de vidrio; así que me fui a casa de mal humor, pensando que al día siguiente tendría que volver a empezar. Esa noche, Maurice Pryce, que estaba de guardia en la torre del reloj de la universidad, vio caer, al pie mismo de la torre, un paracaídas que llevaba una de las temibles «minas terrestres» (aproximadamente una tonelada de explosivo). Se acurrucó tras el parapeto, esperó a la explosión, y como al cabo de varios segundos no había ocurrido nada, se asomó con mucha cautela. En ese momento vio un relámpago cegador y se agachó. Una verdadera lluvia de fragmentos y metralla le pasó silbando a su lado, rompiendo prácticamente todas las ventanas y algunas de las puertas del edificio de Física; la torre, por fortuna, aguantó firme.

Cuando llegué a trabajar a la mañana siguiente vi el desaguisado. Mi primera reacción fue pensar: «Menos mal, la fibra se hubiera roto de todos modos; me iré a casa hasta que reparen el edificio». Mas luego vi que por allí pululaba gente que estaba clavando grandes paneles de cartón en las ventanas rotas. ¿No sería mejor quedarse y ver si podía echar una mano? Pregunté quién dirigía el trabajo y tardé un rato en comprender que allí nadie dirigía nada ni a nadie; era una cooperación espontánea, gente que estaba haciendo lo que mandaban las circunstancias. Pregunté entonces a uno de ellos si podía ser de alguna utilidad y me contestó que sí, que fuese al departamento de ingeniería y viese si me podía traer algún martillo más. Así lo hice, y el resto del día lo pasé ayudando a clavar cartón en las ventanas y en los agujeros del tejado. El tiempo también colaboró (ni una nube en el cielo) y al final el edificio quedó en perfecto estado de uso, de manera que al día siguiente nos reincorporamos todos al trabajo. Si aquello, pensé, hubiese pasado en Alemania, todos se habrían ido a casa y esperado a que la autoridad competente destacara una brigada de hombres que reparara el edificio como Dios manda. Pero quizá sea injusto con los alemanes; es posible que en situaciones así también supieran improvisar.

Una nota sorprendente de la manera en que se llevaba a cabo nuestro trabajo era la falta de todo signo exterior de secreto; no había guardas, ni cajas fuertes, ni nada que se le pareciese. El instituto estaba dedicado —de puertas afuera— a diversas clases de inocua investigación y, naturalmente, a la enseñanza de la física. Rotblat hablaba incluso de la fisión en sus clases y hasta mencionaba la posibilidad de una reacción en cadena; pero lo hacía de una manera tan desprovista de ceremonia que a nadie se le hubiese ocurrido que aquella teoría podía desembocar en un arma importante, y mucho menos que estuviésemos trabajando allí mismo en el tema. Tengo entendido que entre las personas más preocupadas por la seguridad sí había algún recelo; pero el caso es que el sistema funcionaba. Cualquier espía podía entrar en el laboratorio y hacer indagaciones; pero, como es lógico, ninguno de nosotros habría hablado de nuestro trabajo con un extraño, aparte de que a un espía jamás se le habría ocurrido que pudiésemos merecer su atención. En múltiples ocasiones se ha confirmado que fuera del instituto nadie tenía ni la más remota idea del tipo de trabajo que nos traíamos entre manos.

Durante mi estancia en Liverpool, Chadwick me dio a menudo la oportunidad de discutir problemas con colegas de otros centros, con menosprecio de esa falsa seguridad que lo cifra todo en hacer compartimentos estancos y cuidar de que cada científico sepa sólo lo que necesita saber; es un sistema que lleva sólo a la ineficacia. Así que

de cuando en cuando hacía una escapada a Londres o a Cambridge. En Cambridge se había iniciado un proyecto independiente, en gran parte bajo la batuta de dos científicos franceses que habían llegado de París en el último barco que consiguió salir de Francia tras la ocupación alemana y que se habían traído consigo casi toda el agua pesada que en ese momento existía en el mundo, lo cual les permitió proseguir sus experimentos en Cambridge y demostrar que la combinación de uranio y agua pesada podía realmente producir una reacción en cadena.

Ninguno de los dos era francés de nacimiento. Hans von Halban era de origen austríaco y poseía grandes aptitudes de organizador; el hecho de saber inglés y de que se las ingeniaba admirablemente para impresionar a la gente como hombre de mundo le permitió enseguida ocupar un puesto directivo. Su colega era Lew Kowarski, ruso de origen, un hombre de aspecto colosal, con el que al principio me tuve que entender en francés. Pero aprendió inglés a una velocidad pasmosa y pronto adquirió un dominio de sus sutilezas lingüísticas que más de un británico envidiaría.



Lew Kowarski nació en Rusia y fue miembro del equipo francés que demostró por primera vez la posibilidad de una reacción nuclear en cadena; construyó el primer reactor nuclear de Francia y Canadá.

Cuando iba a Cambridge —lo cual equivalía a menudo a doce horas de viaje, debido a los ataques aéreos— solía pasar una noche o dos con los Kowarski, que habían alquilado un apartamento fuera del casco urbano, con un jardín muy agradable. Una vez, al llegar, Lew me contó todo orgulloso que la noche anterior les había caído una bomba en su casa. Le pregunté cómo había sido y él, llevándome hasta el centro del jardín, que lucía un césped intacto, señaló un punto y me dijo: «Aquí fue; no, aquí», rectificando y mostrando un lugar situado dos pies a la derecha. El proyectil, una bomba incendiaria, no había explotado y la habían retirado ya, sin dejar marca alguna. Poco después, sin embargo, cayó otra en la casa de al lado y causó grandes desperfectos en su apartamento.

Cambridge sufrió, efectivamente, grandes daños porque muchos de los departamentos gubernamentales habían sido trasladados allí; e incluso hubo cierto número de bajas entre la población. Las bombas respetaron, en cambio, a Oxford, donde trabajé dos meses en el Clarendon Laboratory bajo la dirección de Franz Simon (más tarde Sir), que era de origen alemán. Simon era un famoso químico físico que había sido rescatado del régimen antisemita de Hitler por intercesión de su viejo colega el profesor Lindemann (luego Lord Cherwell). Simon aunaba en su persona un seco sentido del humor con un conocimiento profundo tanto de la física como de la química; fueron él y Peierls quienes elaboraron un método para separar isótopos de uranio (por difusión a través de membranas metálicas porosas), método que se utilizó en las primeras bombas y que todavía se emplea para obtener uranio enriquecido, el combustible de muchas de las plantas de energía nuclear que se construyeron después de la guerra.

En Oxford me divirtió comprobar que la prevención de incendios, la organización de turnos de vigilancia civil, etc. recibían un trato mucho más solemne que en Liverpool, donde el fuego y los escombros habían enseñado a la gente a confiar más en su capacidad de improvisación.

El propósito de mi visita era inventar un método para analizar pequeñas muestras de uranio que habían sido

enriquecidas en cuantía desconocida; el grado de enriquecimiento era lo que había que determinar. La cosa llevó más tiempo de lo que yo creía y el método tampoco funcionaba demasiado bien. Cuando volví a Liverpool se me ocurrió un método mejor; se lo propuse a Chadwick, aunque sin hacerme excesivas ilusiones, porque el proyecto, que requería varias docenas de válvulas de radio, parecía demasiado ambicioso. Hoy día sería absolutamente modesto; en aquel entonces me quedé sorprendido de que Chadwick lo aprobase sin pensarlo dos veces. Después de examinar el problema real de construir el aparato, decidimos pasar el trabajo a una filial de las I.C.I. (Imperial Chemical Industries) que no estaba lejos de allí (una hora de tren desde Liverpool). Así que de cuando en cuando me desplazaba hasta allí para supervisar el trabajo y poner la máquina en funcionamiento cuando estuvo terminada.

La máquina funcionaba muy bien, y aquellas pequeñas excursiones eran para mí un verdadero regalo: al bajarme del tren me recogía un gran automóvil y me llevaba a un bar de postín donde varios funcionarios que colaboraban con las I.C.I. me familiarizaron con bebidas tan extrañas como el Drambuie; lujos, en suma, con los que jamás había ni soñado. Pero en realidad era el éxito de mi trabajo lo que más me alegraba, y el instrumento —que trabajaba con doce amplificadores en paralelo, cada uno de los cuales contaba partículas alfa de una energía determinada— resultó ser una herramienta de investigación muy versátil: el analizador de amplitud de impulsos o «kicksorter», que otros perfeccionaron luego hasta hacerlo irreconocible y que hoy día es un instrumento que no falta en ningún laboratorio de física nuclear. E incluso el prototipo que se construyó en I.C.I. bajo mi supervisión resultó ser muy útil para comparar los distintos métodos de separación del uranio.

El bombardeo más intenso que sufrió Liverpool (eso lo supe después de la guerra) fue un intento desesperado de los alemanes por salvar el buque *Bismarck*. Sabiendo que el centro de comunicaciones de la Royal Navy estaba emplazado en los sótanos del edificio de Correos de Liverpool, lo sometieron a intenso bombardeo y lograron que ardieran todas las plantas situadas por encima del suelo; pero el centro de comunicaciones, que, como digo, estaba abajo, siguió funcionando, y el *Bismarck* fue perseguido y hundido. Recuerdo que al día siguiente deambulé medio aturdido por las calles de Liverpool, plagadas de incendios y de coches de bomberos que no daban abasto. Sentado en el banco de un parque observé cómo una llama lamía la puerta de la Biblioteca Pública, que tenía enfrente de mí. Al cabo de un rato estaba el edificio entero envuelto en llamas, pero sin un mal coche de bomberos que pudiese apagarlas. En aquellos momentos me acordé de que en casa tenía, sanos y salvos, algunos libros que había sacado de aquella biblioteca, y me invadió una gran alegría: pequeño consuelo —pensé luego— cuando se destruyen miles de tomos.

La estancia en Oxford me proporcionó un tranquilo interludio y una serie de nuevas amistades. Conocí al físico húngaro Nicholas Kurti, un soltero que tenía gran amor por y conocimiento de la alta cocina, afición que conservó incluso después de casarse algunos años después. La otra persona que se me quedó grabada en la memoria es Shull Arms, un americano de Idaho, enjuto y gigantesco, que por el físico podía haber sido leñador; pero sus manos, también descomunales, eran capaces de realizar las operaciones más delicadas, bajo la guía de un cerebro verdaderamente fino.

De vuelta en Liverpool encontré alojamiento en casa de una simpática patrona, Mrs. Gibbs, a cierta distancia del centro de la ciudad. Por aquella época me disponía a hacer nuevas mediciones de la interacción de los neutrones con el uranio, cuando un día se me acercó Chadwick y, con su característica falta de rodeos, me dijo: «¿Te gustaría trabajar en América?». «Me encantaría», le contesté. «Entonces tendrás que hacerte ciudadano británico.» «Pues mucho mejor aún», le dije. Los acontecimientos se sucedieron a partir de entonces con gran rapidez. A los pocos días apareció un policía que me tomó los datos personales y apuntó nombres de gente que me conocía y que podían

responder de mí. Me explicó que le habían encargado iniciar los trámites de nacionalización, y en un tono extrañamente confidencial agregó: «Usted tiene que ser un pez muy gordo. Me han dicho que esté todo listo en una semana.» Y efectivamente, una semana después me dieron instrucciones para que hiciese una maleta con lo imprescindible, cogiera el tren nocturno a Londres y me presentara en una oficina gubernamental en Old Queen Street.

Una secretaria de gran talla oficiaba allí de *maître de ballet*, enviando a cada científico a un nuevo despacho tan pronto como salía del anterior. A mí me dirigieron a un magistrado que me tomó juramento de fidelidad a su Majestad el Rey y que, a cambio, me entregó un documento que certificaba mi nueva ciudadanía inglesa. De vuelta a la oficina me indicaron que tramitase la exención del servicio militar, so pena de convertirme en desertor. Luego me pidieron que recogiera el pasaporte, que ya estaba listo, y con él me fui a la Embajada Americana, donde un funcionario estaba esperándome ya para estampar el visado. Tuve también que girar una visita a un «censor», que pasó fugaz revista al contenido de mi equipaje y, para mi sorpresa, empezó a ojear uno de los pocos libros en danés que había metido en la maleta para no perder la práctica del idioma. Lo que, por fortuna, no se me ocurrió meter fue la gramática rusa con la que durante varios meses había estudiado esta lengua, bajo la influencia de la batalla de Estalingrado y nuestra admiración por la grandiosa resistencia de los aliados. Había llegado casi al nivel de poder contar una historia con mis propias palabras, pero pensé que no sería prudente llevarme una gramática rusa a un campamento del ejército americano. Después olvidé lo poco que sabía.

Resueltas todas las formalidades en un día, regresé a Liverpool en el tren de la noche, y a la mañana siguiente embarcamos todos en el *Andes*, un trasatlántico de lujo que estaba equipado para transportar tropas americanas y que en el viaje de vuelta, de Europa a América, iba casi vacío. A última hora me olvidé el billete en casa, pero el jefe del grupo, Wallace Akers, me resolvió la papeleta.

Para cada doce científicos, algunos con sus respectivas familias, había un camarote con ocho literas; a mí, por ser soltero, me correspondió un dormitorio para mí solo. Permanecimos atracados en Liverpool dos días (seguramente para despistar a posibles espías), durante los cuales tuvimos ocasión de degustar manjares insólitos, como pomelo y huevos fritos, en fuerte contraste con la mugre de los muelles y la austeridad propia de los tiempos de guerra.

El *Andes* no llevaba escolta, sino que confiaba en su velocidad y en un curioso rumbo en zig-zag para prevenir ataques submarinos; el viaje duró así el doble de lo normal, y tan pronto teníamos clima tropical como un frío ártico. Todos los días había ejercicios de salvamento y se disparaban los cañones antiaéreos para cerciorarse de su buen funcionamiento. Oí que a bordo había un gran piano de cola, pero resultó que estaba guardado para protegerlo de la tropa. Lo único disponible era un viejo piano vertical, que habían amarrado a una de las columnas del salón para que, con mar gruesa, no volcara. Lo que no tenía sujeción era la silla (de esas que llevan ruedas), de modo que si no me agarraba al instrumento corría el riesgo de verme tecleando en el aire. Quitando los inevitables mareos de todos los cruceros, el viaje discurrió sin contratiempos. El barco llegó a puerto sano y salvo, llevando a bordo lo que quizá fue el cargamento más numeroso de cerebros científicos que jamás ha cruzado el océano.

Los Alamos, 1943-1945: 1

Al llegar a Estados Unidos atracamos en Newport News y, según dicen, al funcionario de inmigración le pareció sospechoso mi acento austríaco, mi nombre de aspecto alemán y mi pasaporte recién estrenado, expedido y visado el mismo día de nacionalizarme inglés; por lo visto hubo hasta consultas antes de dejarme pasar y tomar el tren hacia el norte con el resto de la expedición. Yo, por mi parte, no recuerdo nada de eso. Lo único que tengo en la memoria son algunas impresiones de Richmond, Virginia, donde, aprovechando que teníamos que cambiar de tren, me fui a dar un paseo por la ciudad. Allí me tropecé con un espectáculo completamente increíble: unos puestos de fruta con pirámides de naranjas e iluminados con brillante luz de acetileno. Tras los oscurecimientos en Inglaterra y después de dos años sin ver una naranja, aquella visión fue suficiente para provocarme una risa histérica.

En Washington nos dijeron que el general Leslie Groves, el encargado de informarnos y de darnos nuestros destinos de trabajo, tardaría aún varios días en llegar. Fiel al

mote que me habían puesto mis amigos, «el hombre con una tía en cada puerto», aproveché esos días de espera para coger un tren a Nueva York y visitar a la hermana menor de mi madre, Frida Frischauer, que era profesora de matemáticas en Adelphi College. Su sorpresa al verme aparecer así, de pronto, es de imaginar; como es lógico, yo no le podía decir adónde iba ni por qué, y ella, comprendiendo que era un trabajo secreto, no preguntó. Aquella fue mi primera visita a Nueva York, y aunque sólo duró un día, fue realmente agradable.

Cuando por fin llegó el general Groves, nos comunicó a cada uno nuestro destino; el mío era Los Alamos. Luego nos habló largo y tendido sobre las precauciones de seguridad que teníamos que adoptar para impedir que se filtrara información acerca de nuestro trabajo. Aparte de eso recuerdo muy poco del largo viaje en tren hasta Los Alamos, en Nuevo Méjico, y tampoco mucho de la recepción que nos dispensaron allí.

Hacía apenas un año que el ejército americano había empezado a transformar el colegio «Los Alamos Ranch», una escuela privada para varones, en una ciudad-laboratorio que al final de la guerra contaba ya con una población de unos ocho mil habitantes: varios cientos de científicos con sus respectivas familias, y numeroso personal de servicio. Los materiales de la bomba —uranio 235 y plutonio— se fabricaban en otro lugar. El propósito de Los Alamos era reunir a los matemáticos, físicos, químicos e ingenieros encargados de determinar la cantidad y disposición más efectiva del material necesario y de diseñar y probar los muchos dispositivos que se necesitaban para formar una unidad explosiva en la que la reacción en cadena, disparada por un solo neutrón, se desarrollaría luego a velocidad de vértigo. El lugar elegido estaba cerca del centro de los Estados Unidos, en el estado de Nuevo Méjico, encerrado entre profundos cañones y accesible sólo por una carretera recóndita; un lugar tan aislado como el que más, para el centro militar más secreto de los Estados Unidos.

A mí me asignaron una habitación en unos de los antiguos edificios escolares, una casa magnífica construida con

troncos de madera, al estilo tradicional, y que se la conocía generalmente por el nombre de «Big House», la Casa Grande. (Hoy ya no existe.) Aquí solían hospedarse los científicos solteros. Los casados tenían casas individuales que proliferaban por allí a una velocidad pasmosa. La forma de construcción me tenía maravillado: eran muy primitivas, simples planchas de madera clavadas sobre un armazón de carpintería, descansando todo ello sobre una base de unos cuantos bloques de hormigón; los obreros utilizaban sierras eléctricas para cortar las planchas allí mismo con una rapidez increíble, y una vez colocados los cimientos la casa quedaba lista en un par de días.



La «Big House» (que ya no existe) en Los Alamos (Nuevo Méjico), donde vivían muchos de los científicos solteros que participaban en la investigación de la bomba atómica.

Recuerdo que una vez nos pusimos a mirar cómo levantaban un gran edificio de laboratorios. A mi lado estaba Philip Morrison, uno de los primeros amigos que tuve en

Los Alamos; Morrison, que caminaba siempre con bastón, poseía, en cambio, una mente muy ágil y era una persona verdaderamente amena. Al cabo de un rato dije: «¿Cómo piensan calentar eso?», porque corría el mes de diciembre, empezaba ya a hacer frío y yo no veía la instalación de calefacción por ningún lado. «¡Oh!», dijo él, «el edificio es tan grande que probablemente le prenderán fuego por una esquina; ni se notará». Philip Morrison es ahora profesor de astrofísica en el M.I.T. (Instituto Tecnológico de Massachusetts). Otro a quien conocí enseguida fue Robert Oppenheimer, distinguido teórico que tenía el cargo de director científico del centro y que solía saludar a los recién llegados de esta guisa: «Bienvenido a Los Alamos. ¿Quién demonios es usted?» Su esbelta figura, tocado con sombrero de ala ancha, era inconfundible. Luego supe que había sido él quien había elegido el lugar, situado al borde de un gran volcán extinguido y a unas veinte millas de Santa Fe, la ciudad más cercana, a la que se llegaba por una carretera mala y tortuosa; la situación era por tanto muy aislada, a unos siete mil pies por encima del nivel del mar. Oppie no sólo había reclutado a los químicos, físicos e ingenieros que necesitaba el proyecto, sino también un pintor, un filósofo y algunos otros personajes estrambóticos sin los cuales, según él, no cabía llamar completa a una comunidad civilizada. Entre los científicos allí congregados había algunos de los más selectos de las universidades americanas, y yo tenía la agradable sensación de que si una tarde tiraba en cualquier dirección y llamaba a la primera puerta que viese, lo más seguro es que me hallara ante un grupo de gente interesante tocando música o metida en amena conversación. Desde luego, nunca he visto una ciudad pequeña con tal variedad de gente culta e inteligente.

También el paisaje me cautivó desde el principio. En invierno solía bajar al desayuno a tiempo de ver la salida del sol. Enfrente de la ventana se alzaba la rugosa cadena de las Montañas Rocosas, una silueta oscura a unas 30 millas. Por encima de ellas el cielo iba ganando poco a poco en claridad, que luego comenzaba a contraerse hacia un



Robert Oppenheimer (1904-1967), físico teórico norteamericano que fue director del laboratorio de Los Alamos en 1942.

punto concreto. Y de pronto, con intensidad cegadora, el primer segmento minúsculo de sol, que al cabo de dos minutos inundaba ya la sala del desayuno con una luz radiante. El espectáculo se repetía todas las mañanas, porque en todo el invierno apenas vimos una sola nube, exceptuando las de alguna que otra nevada que nos proporcionaron lo imprescindible para esquiar. Por la tarde, al ponerse el sol, veíamos cómo las montañas se tornaban rojas, en un espectáculo grandioso que les había valido el nombre de «Sangre de Cristo». Un paisaje fascinante, como jamás he visto otro igual.

Durante el verano brotaban las flores rojas de los cactos, arbustos hostiles y espinosos que alcanzaban una altura de seis pies o más y que luego morían en otoño para dejar sólo el esqueleto; cada rama se reducía entonces a una red de cáñamos leñosos que formaban un entramado muy rígido. Los frutos, muy pequeños y amarillos, estaban cubiertos también de miles de espinas afiladas como agujas. A nuestras espaldas se elevaba el borde boscoso del Valle Grande, un cráter extinguido de más de cien kilómetros cuadrados que, según decían, lo había comprado hace un siglo una familia española por 10 dólares.

Los colores del otoño en América son proverbiales. Algunas de las laderas, pobladas de álamos, adquirían en aquella época del año un increíble color amarillo como no he visto en ningún otro lugar, formando brillante contraste con el verde oscuro de los abetos. Abajo, en el valle, corría el curso alto del Río Grande, un regato tranquilo durante gran parte del año (y helado en invierno, naturalmente) y un torrente de sopa de tomate en primavera, cuando recibía el deshielo de las Montañas Rocosas y arrastraba millones de toneladas de tierra rojiza. A lo largo de siglos y siglos la erosión había ido labrando el fondo del valle en montañas achatadas; algunas de esas «mesas» eran casi inaccesibles y tenían paredes tan escarpadas y rocosas como las del Mundo Perdido que Conan Doyle describió tan gráficamente, aunque nunca topé arriba con monstruos prehistóricos. Los Alamos propiamente dicho estaba situado sobre una de las mesas más grandes, flan-

queada por dos hondos cañones. En estas aventuras montañeras solía acompañarme Egon Bretscher, un amigo suizo al que había conocido en Cambridge; su especialidad eran la física y la química, había trabajado con Rutherford y fue probablemente el primero en prever el uso del plutonio. En Cambridge le tenían por un hipocondríaco y cuentan que una vez dijo: «No sé qué me pasa hoy; ¡me encuentro bien!». Bretscher era un escalador empedernido, y la visión de una pared impracticable era para él un reto irresistible. Un caluroso día de verano —no llevábamos encima más que el traje de baño y las botas— logramos coronar una de las mesas más difíciles. Cuando ya caía el sol, decidimos regresar, pero nos habíamos desorientado y por mucho que buscamos nos fue imposible hallar el camino por donde habíamos subido; no veíamos ninguna otra vía de descenso, y la idea de pasar la noche allí arriba tampoco nos hacía ninguna gracia, porque ya se sabe que aún en verano puede hacer mucho frío en noches de cielo raso. Ya anochecía cuando, en un momento de inspiración, decidimos tirar en la dirección contraria; la suerte nos sonrió; la pendiente era allí muy suave y nos permitió llegar al valle en poco tiempo, bajo la luz de la luna. A esas alturas se dejaba sentir ya bastante frío, y todavía tuvimos que andar otra hora, a paso ligero, hasta rodear la mesa y llegar a mi coche.

El lugar estaba dominado por el depósito de agua, un cilindro de madera parecido a un gigantesco barril y sin ninguna pretensión arquitectónica. Uno de los inviernos que pasé allí hubo restricciones. Al parecer habían enviado a un soldado a lo largo de la tubería para comprobar una válvula, pero entendió mal y la cerró. Al volver se descubrió el error, pero cuando quisieron volver a abrir la válvula era demasiado tarde: el agua se había helado en la tubería, y todos los esfuerzos por descongelarla fueron en vano, porque el frío era muy intenso (en invierno no eran raras allí las temperaturas por debajo de cero grados). El nivel del agua en la torre comenzó a bajar; se dieron instrucciones para economizar y al cabo de un tiempo hubo que cortar el suministro a ciertas horas, precisamente

aquéllas en que a los hombres les gusta afeitarse, con lo cual empezaron a proliferar barbas de todos los tamaños, formas, colores y texturas. (Yo también me la dejé durante un tiempo, aunque no llegó a mucho.) El ejército acabó por organizar un suministro con camiones, que subían y bajaban todo el día y traían agua de otro lugar. La emergencia duró hasta el primer deshielo; la tubería empezó a funcionar otra vez y la mayoría de las barbas desaparecieron.

En Los Alamos había, como es lógico, muchos físicos teóricos, y algunos muy conocidos. Uno de los más interesantes era un hombre muy joven, apenas un estudiante, en quien todos coincidían en ver a un futuro genio: Richard Feynman. Feynman era extraordinariamente rápido y brillante y rebosaba de ideas perversas. Averiguó, por ejemplo, cómo funcionaban los candados, y a partir de entonces los abría sin más que escuchar los «clicks» que hace el dial al girar; su entretenimiento favorito era dejar abiertos los armarios y taquillas del prójimo (con la consiguiente amonestación del funcionario de seguridad) o acaso abandonar dentro un mensaje misterioso.

Todos los niños de Los Alamos sabían que en la valla que rodeaba el centro había un agujero, no lejos de una de las entradas oficiales, que, como es lógico, estaban vigiladas. Pues bien, Feynman se entretuvo otra vez en el siguiente juego; charló un rato con el vigilante, salió luego por el agujero y entró por la entrada oficial exhibiendo su pase; tras repetir varias veces la operación, el pobre vigilante empezó a pensar que estaba loco, viendo que una persona entraba una y otra vez sin salir entremedias, porque la siguiente salida oficial caía a más de un kilómetro y medio. Feynman es hoy día archiconocido entre los físicos teóricos, y por sus brillantes textos han pasado una generación entera de estudiantes de ambos lados del Atlántico.

Otro hombre impresionante era Hans Bethe. A diferencia del inquieto Feynman, Bethe tenía en el aspecto y en el habla un toque de pedantería, como el de un profesor alemán (su padre lo era). Pero detrás de su hablar pausado, de su eterna sonrisa y de su carcajada estridente se

escondía una mente de formidable potencia y rapidez. Durante una fiesta se me ocurrió ponerles a los dos un acertijo matemático y me aposté la camisa por Feynman; pero fue Bethe quien dio primero con la respuesta.

Luego estaba Stan Ulam, un matemático de origen polaco, casado con una francesa muy atractiva. Una vez me explicó que él era un matemático puro que solía trabajar exclusivamente con símbolos abstractos, pero que últimamente había caído tan bajo que en uno de sus informes había incluido números de verdad, incluso números con comas decimales; aquello, según él, era la peor de las desgracias. Lo cierto es que Ulam poseía una habilidad insólita para utilizar las técnicas más extrañas y abstractas de las matemáticas y predecir el funcionamiento de una bomba atómica.

A Victor Weisskopf le conocía desde hacía años. Su hermano mayor, que fue a la escuela conmigo, me invitó una vez a merendar a su casa porque su hermano pequeño no paraba de preguntarle cosas de física que él no sabía. Al tener yo dos años más que Vicky, pude resolverle algunas de las dudas; pero aquélla fue la última vez que me cupo la satisfacción de saber más física que él. Weisskopf gozaba y goza de gran admiración, no sólo por su profundo conocimiento de la física, sino también por su habilidad política. Durante un tiempo fue algo así como alcalde de Los Alamos, aunque, como es natural, cualquier organización civil no tenía allí más que un poder limitado frente a los designios del ejército americano, que era el que dirigía la comunidad. Como muestra de su ingenio podría servir esta anécdota: años más tarde nos encontramos en una conferencia y en un momento dado Vicky me dijo: «Estos jóvenes no están diciendo más que tonterías; nosotros, los veteranos, que tenemos conocimiento y coraje, estamos obligados a sacarles del error». «Pero es que yo no estoy seguro de que lo que dicen sean tonterías», le contesté. Y él: «Pues precisamente para eso está el coraje».

En líneas generales, y a pesar de que existían innumerables reglas de seguridad, disfrutábamos de bastante libertad. Por los alrededores había campo más que suficien-



Stanislaw M. Ulam, polaco, se estableció en EE.UU. y durante una época aplicó su gran habilidad en la matemática pura a problemas de armamento atómico.



Victor F. Weisskopf, físico teórico nacido en Austria, hoy día retirado del M.I.T. (Instituto Tecnológico de Massachusetts) tras una brillante carrera; durante algunos años fue director del CERN (Centre Europeen pour la Recherche Nucleaire) en Ginebra.

te para caminar, y más de una vez nos fuimos en coche hasta el pie de uno de los picos más altos y escalamos hasta más de 4.000 metros, altura que yo nunca había conquistado hasta entonces. Y luego estaba Santa Fe, la capital oficial de Nuevo Méjico, a menos de dos horas de coche (incluso por aquellas carreteras tortuosas y con el límite de velocidad de 60 km/h que había en tiempos de guerra); siempre había gente que bajaba a la ciudad de compras, a dar una vuelta o a cenar en el hotel La Fonda. Los lugareños hacían cábalas acerca de qué se cocería allá arriba, «en la colina», y corrieron rumores de lo más disparatados, propalados seguramente por los propios funcionarios de seguridad: que si era una maternidad para militares, que si una base de submarinos (¡¡en medio del desierto!!), etc. Una vieja dama abordó un día a uno de los fornidos muchachos de Los Alamos con la pregunta: «¿Y tú qué haces que no estás en el ejército, jovencito?» Su respuesta en staccato la dejó muda: «Señora, yo soy un espía japonés.»

El sueldo que nos pagaban era alto y además estábamos exentos de impuestos (al menos los que teníamos nacionalidad inglesa), de manera que teníamos dinero suficiente para gastar. Parte de él se nos iba en empinar el codo, y recuerdo que una mañana me sorprendí a mí mismo con un vaso vacío en la mano, un vaso que acababa de llenar de tequila y que me lo había bebido sin enterarme. Aquello me dejó muy preocupado, hasta el punto de tomar la firme decisión de no volver a beber nunca a solas, si no quería convertirme en un borrachín empedernido. Mucho después me enteré de que las normas de la casa no permitían llevar alcohol a Los Alamos; pero lo cierto es que todo el mundo lo hacía.

Uno también podía dedicarse a coleccionar artículos indios hechos a mano, sobre todo alfombras, con su rica variedad de estilos y vigorosos dibujos. A mí me fascinaban en especial las que estaban hechas de la lana natural de ovejas de distinto pelo, y cuando me fui tenía una pila de un pie de alto. Cerámica no compré mucha, en parte por el engorro de empaquetarla y transportarla. Sólo una de

las pocas que compré ha sobrevivido hasta hoy. Para los interesados en la etnología había una fuente de diversión inagotable en los lugares arqueológicos y pueblos donde aún vivían los indios en aquella época, y de manera no muy distinta, en muchos aspectos, de la de sus antepasados precolombinos, aunque habían adquirido muchos de los avances de la moderna vida americana. Tenían aún casas de adobe, de las que sobresalían las vigas del techo y les daban un aspecto característico, realzado a veces por los manojos de pimientos rojos puestos a secar. Pero, al mismo tiempo, los hombres llevaban vaqueros y camisas estampadas que compraban por correo, e incluso utilizaban esa indumentaria durante sus danzas rituales; y algunos tenían automóvil. Muchos de los indios trabajaban en Los Alamos de porteros, camareros y en el servicio de limpieza.

Los científicos solían trabajar en grupos de unos doce, dirigidos por un jefe de grupo; pero había excepciones. Yo, por ejemplo, no pertenecía a ninguno en concreto, sino que trabajé durante un tiempo como una especie de fontanero volante que observaba lo que hacían los demás grupos y asesoraba donde hacía falta, sobre todo en cuestiones de instrumental. Por otro lado, había un grupo con la insólita característica de tener dos jefes, el italiano Bruno Rossi y el suizo Hans Staub. Ambos se respetaban y querían tanto, que ninguno quiso ser el jefe del otro, así que se acordó que compartieran el mando. Su temperamento, sin embargo, era bien distinto. Ante el más nimio contratiempo, Hans Staub explotaba en un «Cheesus Christ» con fuerte acento suizo, mientras que a Rossi le tenía que ocurrir una catástrofe para que, quizá, dejara escapar un ¡caramba!

Otro jefe de grupo que recuerdo era John Manley. Manley había sido el artífice de gran parte de la organización previa de Los Alamos, pero parecía que su grupo lo había formado según el principio de que todos los miembros tenían que saber música y cocina china. Uno de ellos era Ted Jorgensen, que poseía el mejor piano de cola del lugar y además lo mantenía afinado. Jorgensen tam-

bién sabía mucho de cocina china, arte que había aprendido cinco años atrás de un estudiante (chino) que tuvo de huésped en su casa. Cuando el estudiante se fue, les regaló a los Jorgensen un libro de cocina en chino; impertérritos, compraron un diccionario y se pusieron a estudiar el libro. En Los Alamos daban una cena cada cierto tiempo, los domingos por la noche. Aún recuerdo el placer de llegar a casa de esquiar, ducharme, cambiarme de ropa, irme a casa de los Jorgensen y sentarme a su excelente piano mientras los miembros más jóvenes del grupo de Manley cortaban la carne y las verduras en la cocina. Al cabo de un rato llegó un violinista y atacamos a dúo una sonata, interrumpida sólo para iniciar un trío en cuanto llegó el violoncelista. A las ocho en punto se abrió la puerta de la cocina y salió una procesión con los dos primeros platos; interrumpimos entonces la música y nos hicimos a los manjares. Al cabo de media hora el equipo culinario volvió a la cocina y los músicos a su trío. El ciclo se repitió así tres o cuatro veces y la fiesta acabó hacia las once, con estómagos bien repletos y los oídos llenos de Beethoven y Mozart.

Otra ocasión culinaria era el asado de shish kebab, esos trocitos de carne rociados con vino y entreverados con tomate y cebolla que se asan luego sobre fuego de carbón vegetal. La cosa surgió de que una vez me pidieron que uno de mis ayudantes, habilidoso en el trabajo de forja, hiciera un juego de pinchos para asar. En agradecimiento me invitaron a la fiesta, y debí de mostrarme tan elocuente en el encomio del manjar, que desde entonces era impensable que nadie hiciera shish kebab sin invitarme. En general, llevaba una vida social bastante activa, y siendo como soy una persona despistada, me vi obligado en cierta ocasión a recurrir al expediente de enviar un mensaje a través de los altavoces que decía: «Por favor, la persona que ha invitado a Otto Frisch a cenar esta noche tenga la amabilidad de llamar a su habitación.» Lo que no recuerdo es si la llamada de emergencia surtió el efecto apetecido.

Mi trabajo consistía, principalmente, en proyectos pequeños, como el de diseñar piezas de instrumentos. Pero

hubo un trabajo que tenía un interés más que normal. Cuando propuse el experimento, lo remitieron, como siempre, a un grupo de físicos de alto nivel que se encargaban de decidir la mejor manera de distribuir los recursos del centro; yo no esperaba en realidad que aceptaran la propuesta, y me llevé una sorpresa cuando supe que sí. El proyecto quedó bautizado con el nombre de «experimento dragón», porque Richard Feynman (quien, pese a su juventud, pertenecía al consejo) lo había recibido con una risita, diciendo: «Es como hacer cosquillas en la cola de un dragón dormido». La idea era la de tomar el compuesto de uranio 235 (que entretanto había llegado al centro, en cantidad suficiente para formar un artefacto explosivo) y juntarlo para formar una bomba, pero dejando un gran agujero en la porción central; la oquedad dejaría escapar suficiente número de neutrones y no permitiría que se desatara una reacción en cadena. La porción que faltaba se fabricaba aparte y se dejaba caer por el agujero en el momento preciso, de manera que durante una fracción de segundo se creaban las condiciones para una explosión atómica, aunque con un margen muy escaso.

Como es lógico, me cosieron a preguntas acerca de qué pasaría si la pieza se quedaba atascada en el agujero, pero conseguí convencer a todo el mundo de que tomando las debidas precauciones —guías bien suaves y un control riguroso de la velocidad de caída—, la seguridad sería total. Durante un tiempo me convertí así en jefe de grupo, y con la ayuda de una docena de magníficos colaboradores emprendimos el experimento y lo terminamos en cuestión de semanas. Era lo más cerca que nos podíamos aproximar a una explosión atómica sin salir realmente por los aires, y los resultados fueron muy satisfactorios. Todo salió como estaba previsto. Al dejar caer el núcleo a través del hueco se disparaba una descarga de neutrones, y durante esa fracción de segundo en que la reacción en cadena se desarrollaba como una especie de explosión ahogada la temperatura subía varios grados. El trabajo fue agobiante, porque el material había que devolverlo en fecha fija para convertirlo en metal y montarlo en la forma

de una auténtica bomba atómica. Durante esas semanas de actividad frenética trabajé unas diecisiete horas al día, durmiendo por las mañanas.

Otros experimentos con este material atómico fueron menos llamativos pero sin duda más peligrosos. Durante mi estancia allí murió un hombre por culpa de una reacción descontrolada, y Louis Slotin, que fue mi sucesor y era una persona muy agradable y popular, cayó luego víctima del segundo accidente. El peligro era más bien psicológico; el montar una masa de uranio 235 era algo que teníamos superestudiado, y mientras no alcanzáramos la cantidad crítica —momento en el cual la reacción en cadena se dispara espontáneamente— el montaje era absolutamente inocuo. Pero el mínimo error podía hacer que se alcanzaran esas condiciones críticas en un abrir y cerrar de ojos.

La mayor parte de los montajes que hacíamos tenían como fin averiguar cuánto material se necesitaba exactamente para la bomba; el montaje estaba compuesto de pequeños ladrillos alrededor de los cuales iba el material reflector de neutrones, consistente en ladrillos más grandes de material no fisible. Existía la norma rigurosa de que nadie trabajara solo ni sostuviera un trozo de material de tal manera que si caía hiciese que el montaje alcanzara el nivel crítico. Harry Daghlian, la primera víctima, había infringido ambas reglas. Estaba tan entusiasmado que quiso hacer un último montaje después de quedarse solo en el laboratorio; se le resbaló de las manos un pesado trozo de metal y cayó sobre el montaje casi terminado; aunque inmediatamente lo apartó a un lado de un manotazo, llegó a ver una fugaz aureola azul de aire ionizado alrededor del montaje. Por lo demás no notó nada, pero luego, mientras le llevaban en ambulancia al hospital (había avisado por teléfono), se sintió enfermo; dos semanas después, con un número de glóbulos rojos muy bajo, murió de una leve infección que el cuerpo ya no pudo combatir. Louis Slotin, según me dijeron, vivió sólo nueve días después de que el lápiz que había colocado debajo de un trozo de reflector rodara y cayera al suelo.

¿Cómo es posible que un físico tan experimentado y cuidadoso como Louis Slotin cometiera un error tan estúpido y fatal? ¿Creía realmente que un lápiz era un soporte seguro para un trozo crítico de material? ¿O es que algo, allá en lo profundo de su mente, le tentó a jugar a la ruleta atómica? Nunca lo sabremos.

Hubo una vez que yo mismo estuve a punto de ser víctima de un accidente parecido. Estábamos construyendo un montaje poco usual que no llevaba material reflector alrededor, sino tan sólo el compuesto de uranio 235 al desnudo: una manera muy buena de comprobar la fiabilidad de nuestros cálculos. Por razones obvias le dimos el nombre de Lady Godiva. En aquella ocasión no hubo infracción de ninguna regla. El estudiante que me ayudaba estaba pendiente del contador de neutrones y ambos observábamos cómo las pequeñas luces rojas se encendían y apagaban cada vez más deprisa y cómo el contador traqueteaba al mismo ritmo. De pronto me doy cuenta, para mi sorpresa, que el contador se ha parado; miro para arriba y veo que el estudiante lo ha desenchufado. Inmediatamente me inclino hacia adelante y le grito: «¡Enchufa el contador, que estamos a punto de alcanzar el nivel crítico!», y a renglón seguido veo por el rabillo del ojo que las lucecitas rojas han cesado de parpadear y parecen lucir continuamente: el parpadeo era ahora tan rápido que el ojo ya no lo podía percibir. Sin pérdida de tiempo retiro varios de los bloques del compuesto de uranio que acababa de agregar y las bombillas recuperan su parpadeo visible. Comprendí claramente lo que había pasado: al echarme hacia adelante había reflejado algunos neutrones hacia Lady Godiva y provocado el que entrara en fase crítica. Yo no había notado nada, pero después de completar el experimento con exquisito cuidado saqué algunos de los bloques y medí su radiactividad con un contador. Como era de esperar, la actividad era muchas veces superior a la que se había acumulado de no haber ocurrido el incidente. A partir de ahí calculé que durante los dos segundos que me había inclinado sobre el montaje la reacción había aumentado, no explosivamente, pero sí a una velocidad tremen-

da, por algo así como un factor de cien cada segundo. La dosis de radiación que había recibido era en realidad inocua; pero si hubiese dudado otros dos segundos antes de retirar el material (¡o si no hubiese advertido que las bombillas ya no parpadeaban!), habría sido fatal.



William Penney, matemático inglés que fue presidente de la comisión de energía atómica del Reino Unido y recibió título nobiliario en 1967. El dibujo es del autor y data de una conferencia que dio Penney en Los Alamos sobre los daños de la bomba.

Después de devolver el uranio 235 para que lo convirtieran en bombas atómicas me quedé un poco al pairo. A algunos les destinaron a lugares lejanos para supervisar la construcción de diversos componentes y, en último término, el montaje de la bomba atómica que explotaría en el desierto, a unas cien millas de Los Alamos. Pero yo no era

un buen organizador, y todo el mundo lo sabía; así que no me llamaron, ni entonces ni cuando se montaron las armas definitivas para arrojarlas sobre Japón. Yo fui, en cambio, uno de los muchos que prepararon diversos experimentos para realizar cerca de la primera explosión de prueba. El experimento que yo había proyectado no era muy importante y además fracasó porque subestimé la cantidad de radiación que se produciría en el entorno; la película (que pretendía filmar la explosión con sus propios rayos X) salió toda negra.

A principios de julio nos desplazamos todos en coches y autobuses al lugar de la prueba, cuyo nombre en clave era «Trinity», en el desierto cerca de Alamogordo, conocido también por la Jornada de la Muerte. No era un desierto propiamente dicho, sino un paisaje muy seco, con cactos y vegetación muy rara y una variedad asombrosa de artrópodos, algunos de ellos desagradablemente venenosos, al decir de la gente, como una tarántula que alguien había cogido y metido en un frasco de cristal. Vivíamos en grandes tiendas de campaña y permanecimos allí durante períodos variables (una semana en mi caso) mientras se hacían los preparativos. En el lugar de la prueba se alzaba una torre de acero de unos 30 metros de altura, sobre la cual se montaría en su momento el artefacto explosivo (no una bomba, porque le faltaba la carcasa aerodinámica). Cuando por fin llegó y la izaron, yo estaba allí, al pie de la torre, con George Kistiakowski (nuestro máximo experto en explosivos). «¿A cuánta distancia», le pregunté, «tendríamos que estar para hallarnos a salvo en caso de que explotara?» «Probablemente a unas diez millas», contestó. «En ese caso, da igual que nos quedemos y disfrutemos del espectáculo», le dije. En realidad no había peligro alguno, porque faltaba el detonador; esa operación se dejaba para el último momento.

Cuando por fin llegó el día señalado, cambió el tiempo y se desataron tormentas en las proximidades. Había motivos para temer que un rayo provocara prematuramente la explosión, aparte de que muchas de las mediciones se hubiesen echado a perder si el tiempo no era claro y des-

pejado. Así que hubo que esperar. Algunos de los peces gordos se alojaron en un búnker a sólo diez millas de distancia, mientras que en la mayoría de nosotros nos llevaron a un punto situado a 25 millas, al aire libre.

Estuvimos sentados por allí toda la noche, a la espera de que el tiempo mejorara. Yo dormí algunas horas en el coche, despertándome cada vez que decían algo por el altavoz (entremedias había música de baile). Finalmente, anunciaron que se iniciaba la cuenta atrás; faltaban minutos para la explosión. Para entonces despuntaba ya el alba. Salí del coche y estuve escuchando la cuenta atrás. Cuando llegó el último minuto busqué mis gafas negras pero no pude encontrarlas. Me senté en el suelo (por si la onda expansiva nos pasaba por encima), me tapé los oídos con las manos y dirigí la mirada en la dirección opuesta a la de la explosión, mientras oía el final de la cuenta: cinco, cuatro, tres, dos, uno...

Y entonces, sin percibirse sonido alguno, dio la sensación de que había salido el sol. Las dunas en el borde del desierto relucieron con luz muy intensa, casi incolora e informe, que al cabo de un par de segundos empezó a disminuir. Me volví, pero ese pequeño sol que lucía en el horizonte era todavía demasiado brillante para mirarlo de frente, obligándome a guiñar los ojos y a mirar a hurtadillas. Al cabo de otros diez segundos el objeto se había apagado un poco y convertido en algo así como un gigantesco fuego de petróleo, con una estructura que recordaba a una fresa y que ascendió lentamente desde el suelo, con el que permanecía conectado por medio de un largo tronco gris de torbellinos de polvo; me pareció como un elefante al rojo vivo que mantenía el equilibrio sobre el tronco. A continuación, y a medida que la nube de gas caliente se enfrió y perdió su color rojo, se hizo visible un resplandor azul alrededor suyo, una luminiscencia de aire ionizado: una réplica gigantesca de lo que Harry Daghlian vio cuando su montaje se hizo crítico y que fue lo que firmó su sentencia de muerte. El objeto, que ahora tenía claramente la forma de hongo que hoy todos conocemos, dejó de ascender, mientras un segundo hongo empezó a crecer por la parte superior; las capas interiores del gas se mantenían calientes por la radiactividad, y al estar a mayor temperatura que el resto, irrumpían por arriba hasta alturas mayores. El espectáculo fue indescriptible; quien haya visto una explosión atómica jamás lo olvidará. Y todo ello en absoluto silencio. El sonido llegó minutos más tarde, bastante fuerte a pesar de tener los oídos tapados, y seguido de un largo rumor, como de tráfico pesado a gran distancia. Aún me resuena en los oídos.

Los Alamos, 1943-1945: 2

Todos nos alegramos cuando Enrico Fermi vino a Los Alamos a finales de 1944. Su reputación era formidable. En los años veinte había creado algunos conceptos fundamentales en la física teórica; en los treinta había iniciado en Roma investigaciones experimentales sobre el neutrón, con los resultados sensacionales que ya mencioné antes; y después de recoger su Premio Nobel en otoño de 1938, en lugar de volver a Italia, había emigrado con su familia a los Estados Unidos, donde ejerció la ingeniería. Habiéndose enterado, nada más llegar, del descubrimiento de la fisión nuclear por boca de Niels Bohr, comenzó a trabajar en la Universidad Columbia de Nueva York sobre la medición del número medio de neutrones liberados en cada proceso de fisión, porque ese número era decisivo para saber si el uranio podía ser o no una fuente de energía en gran escala, según que permitiese o no una reacción nuclear en cadena.

Las poblaciones humanas podrían ser un ejemplo de reacción en cadena. Una población aumenta si, por término medio, dos o más hijos de cada famlia alcanzan la madurez y crean otra familia; la tasa de nacimientos tiene que ser algo mayor que dos por familia, porque algunos mueren y otros no llegan a tener descendencia. En el uranio ocurre algo parecido: cada fisión (excepto las espontáneas, que son muy raras) consume un neutrón, y a menos que de los fragmentos de la fisión salga otro neutrón nuevo, no puede haber reacción en cadena. Aún después de comprobarse —en Francia y Estados Unidos— que el número medio era mucho mayor (entre 2 y 3), no era muy seguro que la «mortalidad» de los neutrones, es decir, el riesgo de ser capturados antes de provocar una fisión, pudiese mantenerse suficientemente pequeña para lograr que en cada fisión sobreviviera por término medio un neutrón, como mínimo, que fuese capaz de producir a su vez otra fisión.

Uno de los mayores peligros que acechan al neutrón proviene del propio uranio, de su principal isótopo, el uranio 238, que sólo experimenta una fisión si sufre el impacto de un neutrón excepcionalmente rápido; los otros, los más lentos, se los traga sin contemplaciones. Ahora bien, el isótopo uranio 235, que es relativamente raro, se escinde incluso con neutrones lentos y además es muy eficaz en su captura; varios físicos comprendieron enseguida que la mejor manera de obtener una reacción en cadena era combinar uranio con un «moderador», un material que reduce la velocidad de los neutrones. El agua es un buen moderador, como comprobó Fermi en 1935. Los protones (núcleos de hidrógeno 1) que contiene el agua roban al neutrón toda su energía tras una docena de choques; pero también tienden a capturar un neutrón y formar núcleos de hidrógeno 2, o hidrógeno pesado, de manera que el agua combinada con uranio natural no es un moderador suficientemente bueno para dar una reacción en cadena.

En el agua, sin embargo, se contienen algunos núcleos de hidrógeno pesado a los cuales no les interesa capturar otro neutrón, y mediante un proceso bastante caro es posible concentrarlos y fabricar agua pesada, que es un mo-

derador excelente. Desde entonces se construyeron reactores que utilizaban agua pesada. Fermi, por el contrario, decidió utilizar carbono en la forma de grafito; el neutrón necesita chocar más veces contra los pesados núcleos de carbono para perder toda su energía, pero la probabilidad de que resulte capturado en una de esas colisiones es muy pequeña. Bajo la dirección de Fermi (que aunque provenía de un país enemigo gozaba del apoyo total del famoso físico americano Arthur H. Compton, responsable del proyecto) se prosiguieron los trabajos con la máxima urgencia, sobre todo después del incidente de Pearl Harbour, a raíz del cual entraron los Estados Unidos en la guerra. Se obtuvieron y ensayaron toneladas de grafito especialmente puro, y casi exactamente un año después, el 2 de diciembre de 1942, en una cancha de squash situada bajo las gradas de un estadio de Chicago llamado Stagg Field, se consiguió la primera reacción nuclear en cadena. Y resultó que su control, mediante el desplazamiento de barras de cadmio (que absorbe neutrones), no planteaba ninguna dificultad.

¿Por qué esa tremenda urgencia? Lo de menos, seguramente, era estudiar la posibilidad de una reacción nuclear en cadena y abrir las puertas a la energía nuclear. El principal motivo era que los químicos de California habían obtenido ciertas trazas, apenas visibles, de un elemento transuránido, luego llamado plutonio, que se formaba cuando los núcleos de uranio 238 capturaban neutrones. La esperanza, pronto confirmada, era que el plutonio reaccionara ante los neutrones lentos de forma muy parecida al uranio 235 y que, por tanto, fuese un posible material para las bombas atómicas, siempre y cuando pudiera obtenerse en cantidad suficiente.

Ya en la primera reacción en cadena que obtuvo Fermi se formaron pequeñas cantidades de plutonio 239; cuando se vio que este modelo piloto funcionaba, se comenzó a construir pilas mucho más grandes de uranio y grafito que fuesen capaces de producir este material explosivo por kilogramos, en previsión de que la separación de los isótopos de uranio resultara demasiado difícil. Al final se consiguió

que los dos métodos funcionaran; de las dos primeras bombas A utilizadas en guerra —en Hiroshima y Nagasaki— una era de uranio 235, la otra de plutonio 239.

Estas pilas de producción las construyó la empresa Du Pont cerca de un pueblecito llamado Hanford, no lejos de Seattle, y Fermi asesoró en su diseño. Por razones de seguridad se le conocía por el pseudónimo de Mr. Farmer y se le había asignado un guardaespaldas, a quien solía hablarle de física durante los largos paseos que le servían de recreo y diversión. Un día dijo, todo pensativo (su dominio del inglés era bueno, aunque nunca perdió el acento italiano): «Mi guardaespaldas sabe ya tanto de física que dentro de poco va a necesitar también él un guardaespaldas».

Fermi nunca daba la sensación de tener prisa, pero poseía un admirable sentido de la organización y el tiempo le cundía. Pronto se dio cuenta de que la gente estaba adquiriendo la mala costumbre de acudir a él constantemente con preguntas que le interrumpían en su trabajo, así que anunció que estaría en su oficina toda la mañana, a disposición de todo el que quisiera verle. Por la tarde se ponía la bata y trabajaba en el laboratorio, sin atender visitas. Los domingos solía vérsele paseando con un grupo de gente joven a la que se le notaba totalmente a gusto con él, a pesar de la diferencia, que evidentemente existía, entre maestro y discípulos. Nunca he conocido a nadie que de una manera tan relajada y poco pretenciosa pudiese ser tan absolutamente dominante.

Niels Bohr también vino a Los Alamos, acompañado de su hijo Aage; allí recibieron el nombre de Nicholas Baker y Jim Baker, respectivamente. Su llegada estuvo rodeada de tanto revuelo y misterio que uno de mis amigos preguntó que por qué no les habían empaquetado y enviado en una canasta, que hubiese sido mucho más sencillo. Niels Bohr había huido de Dinamarca en el otoño de 1943, cruzando él y su familia el estrecho hasta Suecia en pequeños botes y amparados por la oscuridad de la noche, pues corría el rumor de que los alemanes se proponían de-

tener y encarcelar a todos los judíos daneses, y la madre de Bohr era judía. Al llegar a Suecia marchó inmediatamente para Estocolmo y pidió audiencia al Rey, de quien consiguió el favor de ofrecer asilo a todos los judíos daneses y dar refugio a todo aquel cuya vida corriera peligro. El decreto fue un gesto de cierta importancia: facilitó las cosas a los refugiados (que nada más entrar en aguas suecas eran recogidos y puestos a salvo) y movió seguramente a otros gobiernos a mostrarse más generosos en su hospitalidad.

Bohr recibió luego una invitación de Winston Churchill para ir a Inglaterra, adonde se desplazó a bordo de un bombardero Mosquito, sentado en la cabina de proyectiles. Como quiera que los auriculares no tenían el tamaño suficiente para abarcar su gran cabeza, Bohr no se los puso y no pudo oír al piloto cuando éste le dijo que abriera el oxígeno, por lo cual se desmayó. Así siguió la cosa hasta que llegaron sobre Noruega y perdieron altura, porque hasta entonces el piloto, aunque ciertamente preocupado por el silencio sepulcral de su acompañante, no pudo volverse hacia atrás.

Niels Bohr se puso en contacto con diversos políticos, entre ellos Churchill y Roosevelt, y trató de convencerles de que era preferible hacer públicos los principios de la bomba atómica que mantenerlos en secreto, un secreto que de todos modos se rompería bien pronto (el tiempo le dio la razón). Intentó también advertir a los políticos de los peligros de la carrera de armas atómicas; pero su enunciación extranjera y su hábito de argumentar lenta y pacientemente irritaron, probablemente, a esos hombres cuyo hábito de tomar decisiones rápidas y osadas les había colocado donde estaban y para quienes la meta inmediata de ganar la guerra primaba sobre todo lo demás. Más tarde, después de la guerra, dirigió Bohr una Carta Abierta a las Naciones Unidas, en la que volvió a abogar por un mundo abierto sin «secretos» atómicos. Me preguntó cuántas personas habrán estudiado este largo documento (unas 6.000 palabras) con el cuidado que merece.

Durante su visita a Los Alamos, Bohr se hallaba, sin em-

bargo, de muy buen humor. Veía que el trabajo iba bien y que la guerra se decantaba a nuestro favor. Los boletines de la radio eran confusos, pero Bohr siempre los escuchaba; «tenemos que oír todos los rumores antes de que los desmientan», decía en broma; hasta que la bomba demostrara su poder no era posible ninguna acción política. El buen tiempo, cosa habitual en Los Alamos, invitaba a dar largos paseos, y en cierta ocasión cometí el gravísimo error de olvidar una de las reglas elementales cuando se acompañaba a Bohr: la de llevar cerillas encima. Así que cuando sacó la pipa y me pidió fuego, tuve que decepcionarle. Acordándome, sin embargo, de que Bohr era présbite y usaba cristales muy gruesos, me ofrecí a encendérsela a pesar de todo: bajo el fuerte sol de Nuevo Méjico no fue difícil usar uno de los cristales a modo de lupa y prender fuego al tabaco. Bohr se mostró interesado en todo este trajín, pero creo que no quedó satisfecho. El ritual de encender la cerilla y soplar y tirarla era para él parte esencial del placer de fumar en pipa, la cual, dado que Bohr no paraba de hablar, se le apagaba cada poco.

Una vez le pregunté si no tenía problemas con su nuevo nombre, si se acordaba siempre de firmar «Nicholas Baker» en lugar de «Niels Bohr». Me contestó: «¿Qué más da? Mi firma es absolutamente ilegible, de manera que podría ser cualquiera de los dos nombres». A todos nos encantó la historia de su llegada a los Estados Unidos: dos hombres del F.B.I. se hicieron cargo de sus maletas y las de su hijo, les sacaron casi en volandas del barco, les metieron en un taxi y les acompañaron hasta la habitación misma del hotel, donde se dejaron caer con un suspiro de alivio por haber conseguido ocultar su identidad. Fue entonces cuando uno de ellos vio que en una de las maletas iba escrito el nombre de NIELS BOHR con letras negras bien grandes.

Los Bohr no eran los únicos que tenían nombres de tapadillo. Fermi se llamaba oficialmente Mr. Farmer, como ya dije, e incluso yo me cambié en cierto modo el mío. A los dos o tres días de llegar a Los Alamos alguien me pidió mi nombre de pila, y como yo había observado que allí

todo el mundo parecía llamarse Robert —por ejemplo, Oppenheimer, Bacher, Serber y otros muchos—, dije, sin pensarlo dos veces, que Otto, aunque jamás me habían llamado así en mi vida. Mi madre utilizó durante algún tiempo los dos nombres, y algunos de mis parientes los pronunciaban como uno solo, Ottorobert, cosa común con los nombres alemanes compuestos. La cuestión es que desde entonces todos mis amigos americanos me llamaron Otto y me lo siguen llamando, aunque por los altavoces sonaba tan ominoso como el de Adolf. Y cuando en Los Alamos se instaló una pequeña emisora de radio y me concedieron un espacio de quince minutos dedicado a música de piano, me anunciaban como «nuestro pianista», pues se pensaba que el nombre de Otto hubiese sido demasiado delator para cualquier extraño que pasase por allí.

La vida en Los Alamos no era todo física atómica, como ya dije. Una vez anunciaron que se iba a poner en escena la célebre obra *Arsenic and Old Lace* y se invitaba a todo el mundo a participar en los ensayos. Pensando que mi fuerte acento extranjero me privaba de toda posibilidad, renuncié a intentarlo. Cuando ya era demasiado tarde comprobé, sin embargo, que el reparto incluía a un extranjero; el papel se lo dieron a un americano que hizo lo imposible por sacar un acento raro, sin convencer del todo. ¡Con lo fácil que me hubiese resultado a mí!

Al final, sin embargo, no me quedé sin debutar. Como sabrá quien conozca la obra, a lo largo de ella se da a entender que antes de alzarse el telón se han perpetrado una serie de asesinatos. El director tuvo la feliz ocurrencia de que al final de la representación, cuando salen a saludar los actores, hicieran también acto de presencia los cadáveres de las víctimas. Así que invitó a unas doce de las personas más conocidas de Los Alamos, que se pasaron al final de la obra por el camerino, se empolvaron rápidamente con harina para adquirir su aspecto cadavérico y salieron al escenario con los demás actores. Oppenheimer era uno de los fiambres, otro creo que Teller, y entre los demás estaba yo. La mayoría se limitaron a saludar bastante acartonados, esbozando una sonrisa poco propia del caso. Resuelto a dar un poco más de realismo a la cosa, salí renqueando, en una postura contorsionada, con las manos colgando fláccidas de unos brazos descoyuntados, la cabeza echada para atrás y enseñando la dentadura. Todos mis amigos me aseguraron que había sido el mejor cadáver del reparto.

Otra ocasión de carácter social que recuerdo fue un circo que organizaron a beneficio de los niños. Hubo acrobacias y otros números circenses, a cargo casi siempre de los propios chiquillos, aunque algunos adultos también se animaron, como una señora que leía el futuro en una bola de cristal, vestida con un traje de gitana muy vistoso y realmente metida en su papel. Yo me ofrecí para dibujar retratos a lápiz, disfrutando malévolamente de antemano con la idea de hacer caricaturas de todos mis amigos y sacarles además las perras. Me enfundé en una casaca de terciopelo, me planté una corbata de artista y, armado de papel y lápiz, tomé asiento en una mesita. Para mi sorpresa, todos los clientes que me llegaron eran chiquillos. Jamás me había dedicado a dibujar niños, de manera que tuve que improvisar sobre la marcha un rostro infantil estereotipado. El parecido era lo de menos; a los niños se les veía muy contentos con sus retratos y siguieron afluyendo en oleadas interminables, algunos incluso por partida doble y volviendo a pagar la tarifa de 25 centavos. Enseguida se me acabó el papel y tuve que organizar un servicio para que se llevaran el dinero, me afilaran los lápices y trajeran papel nuevo. Nunca pensé que tuviera tanto éxito (en total fueron cien dólares lo que recolecté para los gastos del circo), pero, en cambio, tuve que pasarme sin el placer de caricaturizar grotescamente a mis amigos.

Fue en Los Alamos donde aprendí a conducir. Con el dinero ahorrado compré un enorme Hudson de segunda mano y empecé a dar clases con Harry Daghlian. Después, cuando éste murió víctima del accidente que ya he narrado, continué con Louis Slotin; por una extraña coincidencia, también él murió por la radiación de un montaje desbocado. Cuando pensé que ya había dado suficientes cla-

ses, me presenté a examen con uno de los oficiales del ejército, que me expidió un permiso peculiarísimo en el que no figuraba mi nombre, por razones de seguridad, naturalmente; caso de que tuviera un accidente fuera de Los Alamos, no convenía que se conociera mi nombre.

Al día siguiente del examen tuve mi primer accidente. Ibamos cuatro personas en el coche y bajábamos por un cañón, cuando, al tomar una curva en S, debí de entrar demasiado deprisa y el coche derrapó sobre la gravilla. De pronto apareció un árbol delante de mí e, incapaz de hacerme con el coche, tuve que resignarme a verlo acercarse hasta que chocamos de frente. La cosa probablemente no duró más de medio segundo, demasiado poco para poder evitarlo. Los dos de atrás estaban ilesos y me ayudaron a salir del coche, porque las dos puertas delanteras habían quedado bloqueadas. Perc King, que iba en el asiento del copiloto, había sufrido un K.O. al golpearse con la cabeza en el parabrisas (todavía vive y seguimos siendo buenos amigos). En el momento del accidente no íbamos a más de 30 km/h; pero puedo asegurar que el choque contra un árbol, incluso a esa velocidad, es un impacto muy violento, amén de que en aquellos días no había aún cinturones de seguridad. Aparte de cortes y hematomas (mi rodilla se incrustó en el panel de mandos, con la cabeza rompí el espejo retrovisor y con el pecho doblé el volante) salí sin heridas graves, pero tuve que pasarme varios días en el hospital, con una costilla rota y fijada con esparadrapo. Luego me empecé a aburrir y me fui sin más a la Big House. Lo peor fue que durante varias semanas, siempre que una fiesta se ponía hilarante, me tenía que ir a toda prisa, porque al reírme me dolía.

John von Neumann, el célebre matemático de origen húngaro, venía también de vez en cuando a Los Alamos de visita, y como vivía, igual que yo, en la Big House, nos íbamos a veces juntos a casa paseando. Yo sabía que por entonces estaba trabajando en el problema de realizar cálculos complejos (la palabra «computar» no era aún de uso corriente), y en cierta ocasión le pregunté si nadie había pensado en construir una máquina que calculara con ayu-

da de válvulas de radio en lugar de ruedas dentadas. Pareció interesarle el tema y me invitó a participar en una pequeña reunión a la que había invitado a dos ingenieros electrónicos. En compañía de un enorme can nos instalamos en un pequeño despacho y John comenzó a exponernos sus ideas. Empezó a eso de las cinco y, prescindiendo de algunas preguntas que le hicieron, no paró de hablar (sin



John von Neumann, matemático de origen húngaro; inventó la teoría de juegos (que penetra en el campo de la economía y la política) y fue la mente que impulsó los primeros computadores electrónicos.

notas) hasta las diez, cuando alguien señaló que si queríamos tomarnos una cerveza era mejor ir antes de que cerraran el bar. Después del refrigerio volvimos al despacho y seguimos hasta media noche. Al final tenía la cabeza como un bombo, pero con la sensación de haber entendido, realmente, el nuevo mundo de los computadores electrónicos.

Aquella fue una velada fantástica de John von Neu-

mann, que es, no hace falta decirlo, el padre espiritual de los computadores electrónicos; por aquella época estaba construyendo uno en Princeton, y a mí me invitó sin duda por cortesía y quizá con la vaga esperanza de que aportara alguna idea nueva, cosa que no hice. A partir de entonces no he dejado de maravillarme ante estos artefactos, y pienso que fue un privilegio el que el propio maestro me iniciara tan maravillosamente en el tema. Sus logros matemáticos son demasiado sutiles y técnicos para que yo ose entenderlos o describirlos, pero de la fortaleza de su cerebro sí puedo dar fe, porque una vez le ví beberse, por una apuesta, dieciséis martinis seguidos y aguantar a pie firme y bien lúcido, aunque algo pesimista en sus verbalizaciones.

Von Neumann era uno de esa galaxia de brillantes ex-



Edward Teller, húngaro de origen; fue «padre de la bomba H» y un físico teórico de gran versatilidad e imaginación.

patriados húngaros que hizo que mi excéntrico amigo Fritz Houtermans lanzara la teoría de que en realidad eran visitantes de Marte; según él, les era muy difícil hablar sin un acento que les delatara, de manera que se hacían pasar

por húngaros, cuya incapacidad para hablar cualquier idioma sin acento es notoria... cualquier idioma menos el húngaro, razón por la cual todas esas lumbreras vivían fuera de Hungría.

Otro húngaro notable era Edward Teller, a quien había conocido de pasada en Dinamarca. Teller tenía una de esas cabezas que siempre están a la busca de un reto: un problema difícil, un argumento, una partida de ajedrez a ciegas y cosas por el estilo. Una vez que hicimos un viaje juntos y que yo estaba demasiado cansado para discutir, le pregunté si sabía algo de poliedros regulares en cuatro dimensiones. A Teller le pareció un problema intrigante, con lo cual pude dormir en paz durante todo el viaje. Dos horas después, cuando nos bajamos del tren, había conseguido entender más o menos lo mismo de esos poliedros que lo que había aprendido yo en tres semanas a los quince años, cuando probablemente estaba en mi mejor momento. A Teller le quería y admiraba también por sus interpretaciones al piano, en las que suplía con musicalidad y pura fuerza de voluntad lo que le faltaba de técnica.

Teller había perdido una pierna de joven en un accidente de tráfico, pero jamás se amilanaba. La pierna ortopédica le confería sólo una leve cojera, que no le impedía dar largos paseos; incluso nos acompañaba cuando íbamos a esquiar, aunque sin esquíes, claro. Después de vivir la invasión de Hungría se convirtió en un anticomunista furibundo y estaba convencido de que los Estados Unidos tenían que armarse para lo que, según él, sería el conflicto inevitable. La bomba A, que extraía su potencia de la fisión de núcleos de uranio o de plutonio, era para él sólo el principio; la fusión de deuterones (núcleos de hidrógeno pesado; de ahí el nombre dé bomba H) permitiría explosiones mucho más grandes, y Teller puso su poderosa voluntad detrás del proyecto. A igualdad de peso, el uranio y el deuterio contienen más o menos la misma energía; pero en el uranio (o en el plutonio, que los dos se comportan de manera parecida) sólo se podía liberar una fracción modesta de la energía, y además sólo era posible utilizar una masa limitada, so pena de que explotara in-

mediatamente. El deuterio carecía de ambas limitaciones, pero había que calentarlo hasta una temperatura de ignición de millones de grados mediante una bomba A que hiciese las veces de detonador. Los difíciles problemas técnicos llevaron varios años; yo no participé en ese trabajo y sé poco de él; los detalles esenciales siguen siendo secretos. Hoy día se han hecho ya pruebas con bombas H que tienen una potencia mil veces mayor que la bomba A que arrasó Hiroshima.

Tras la explosión experimental en Alamogordo finalizó en su mayor parte el trabajo en Los Alamos. Aquellos que poseían dotes de organizadores partieron con distintos destinos para efectuar el montaje de los diversos componentes y ultimar el transporte aéreo de la bomba atómica. Yo me quedé allí con la mayoría de los demás, sin mucho que hacer excepto documentar el trabajo que habíamos realizado. Lo que sí se convirtió en tema de vivas discusiones fue el cómo utilizar la nueva arma o si utilizarla siquiera. ¿Convenía hacer una demostración en una isla deshabitada e invitar al enemigo a que lo presenciara? Los debates, que fueron muchos, tuvieron lugar en diversos niveles: entre políticos, entre los peces gordos en Chicago (James Franck y Leo Szilard), e incluso, en menor grado, en Los Alamos mismo. Yo nunca fui muy político, como ya dije antes, y además tenía otra razón para no participar, porque el gobierno inglés había recomendado a sus súbditos que, como huéspedes de los Estados Unidos, nos mantuviéramos al margen de discusiones políticas. Así que aunque abrí bien los oídos, tenía buena excusa para mantenerme callado.

Algunos opinaban que los científicos debían respaldar con todo su peso lo que para ellos era la línea correcta de acción; otros pensaban aquello de «zapatero, a tus zapatos». Recuerdo que alguien contó una historia sobre el escultor Fidias: que habiendo terminado una estatua de Zeus se escondió detrás de ella para escuchar lo que decían los atenienses al pasar. Al cabo de un rato oyó que un zapatero decía: «El dedo gordo del pie es demasiado grande»; así que volvió de noche y lo rebajó un poco. A la

mañana siguiente volvió a pasar el zapatero y comentó que el pulgar había mejorado, pero que el codo no estaba bien. Fidias salió entonces de su escondrijo y le dijo: «Cuando hablas del dedo gordo del pie, hablas de lo que sabes, y te escucho; pero cuando hablas de codos no te presto atención». La moraleja era clara: los científicos debían ocuparse de asuntos de su incumbencia, postura que por aquel entonces se me antojaba plausible. Hoy ya no pienso que sea siempre acertada. Los científicos están entrenados para pensar objetiva y desapasionadamente, y eso es esencial para tomar decisiones de cualquier clase.

En Los Alamos nadie sabía cuando ni dónde se iba a arrojar la bomba. Luego, unas tres semanas después de Alamogordo, se armó un día un gran revuelo en el laboratorio, con carreras enloquecidas y voces a gritos. Alguien abrió la puerta y me gritó: «¡Han destruido Hiroshima!». Las víctimas se cifraban en cien mil. Aún recuerdo la sensación de malestar, de náusea, cuando vi que muchos de mis amigos corrían al teléfono para reservar mesa en el hotel La Fonda de Santa Fe y celebrarlo. Sin duda estaban exaltados por el éxito de su trabajo, pero no dejaba de ser un poco macabro el brindar por la muerte súbita de cien mil personas, aunque fuesen «enemigos». Por otro lado estaba el argumento de que esa matanza había salvado la vida de un número mucho mayor de americanos y japoneses, que habrían muerto en el lento proceso de conquista con el que podría haber acabado la guerra de no haber habido bomba por medio. Sin embargo, casi nadie acertaba a ver razón moral alguna para arrojar una segunda bomba sobre Nagasaki pocos días después, pese a que aquello detuvo inmediatamente la guerra. La mayoría pensábamos que los japoneses se habrían rendido de todos modos en cuestión de días. Pero ese es un tema sobre el que se ha discutido interminablemente y nunca se ha llegado a un acuerdo.

Vuelta a la investigación

¿Es lícito decir que la guerra fue un desastre para la física porque alejó a muchos de los mejores cerebros de sus puestos de trabajo? Rotundamente no, porque durante ese tiempo forjamos nuevas armas, no de las que sirven para la guerra, sino armas para el arsenal de la física. Y cuando esas armas entraron en uso, el progreso fue espectacular; mi opinión es que el tiempo perdido en la guerra se recuperó en el plazo de muy pocos años.

Los primeros reactores nucleares grandes fueron construidos con el objetivo de conseguir el explosivo nuclear, el plutonio. Pero al mismo tiempo habían generado cantidades ingentes de neutrones que, confinados dentro de gruesas paredes de hormigón, eran un peligro potencial. A través de pequeñas aberturas practicadas en la pared podían obtenerse haces de estas partículas y estudiar fácilmente y con precisión muchas de sus propiedades.

Una de las cosas que se podían observar ahora mediante selección de neutrones de energía definida era su absorción selectiva en núcleos, que hasta entonces había que es-

tudiar laboriosamente a base de estimar su energía a partir de su absorción en boro. El método era muy parecido al que Stern y yo utilizamos en Hamburgo. Una ruedecilla provista de cierto número de ranuras giraba a gran velocidad y permitía que los neutrones escaparan del reactor en breves impulsos, cuya llegada a un contador situado a varios pies de distancia podía medirse con exactitud. Los apretados niveles de energía que Niels Bohr había predicho se podían ahora ver con todo detalle, incluso en isótopos separados por los métodos ideados para separar los de uranio; y los breves intervalos de tiempo entre impulsos eléctricos podían medirse con los métodos inventados para el radar, que obtiene la distancia de un avión a base de cronometrar un breve impulso de ondas eléctricas reflejadas en aquél. Estos métodos han experimentado desde entonces un perfeccionamiento enorme, hasta el punto de que el microsegundo (una millonésima de segundo) es ya una unidad demasiado grande; el nanosegundo, la milmillonésima parte del segundo (tiempo en el cual la luz recorre unos 30 centímetros), resulta más apropiada. Si cronometramos una partícula —midiendo el tiempo de vuelo— a lo largo de una distancia de unos 30 metros, podemos calcular su velocidad con un error de un 1 por 100 aunque se mueva casi tan rápidamente como la luz (y jamás se ha visto que una partícula se ría de Einstein y supere ese límite último de velocidad). La velocidad de una partícula, junto con la curvatura de su trayectoria en un campo magnético, nos da su masa. Este método del «tiempo de vuelo» ha sido de gran utilidad para identificar las múltiples partículas que se crean en choques violentos; pero de eso hablaremos más adelante.

Otro subproducto del radar fue el nacimiento y evolución de toda una nueva ciencia, la radioastronomía; el tema lo dejó, sin embargo, para el último capítulo, dedicado a Cambridge, donde fui testigo de una parte de esta historia fascinante.

En la física nuclear hubo, poco después de la guerra, un acontecimiento digno de incluirlo en la columna de sociedad de cualquier periódico: el inesperado regreso de la

pantalla de centelleo —esa Cenicienta de la física nuclear desde que los contadores eléctricos la destronaron en los años treinta—, gracias a su sensacional matrimonio con el fotomultiplicador, el Príncipe de la era de la televisión. Bajando a un lenguaje más sobrio, digamos que cada electrón liberado en un fotomultiplicador por un cuanto de luz se multiplica un millón de veces al chocar contra varios electrodos montados en cadena; y como cada impacto libera varios electrones, al final se forma una enorme avalancha en cuestión de nanosegundos. Un fotomultiplicador es capaz de «ver» los relámpagos causados por electrones rápidos en una pantalla de centelleo e incluso de medir su brillo, que para el ojo humano es demasiado débil y difuso.

El invento, que fue hecho por varias personas de forma independiente, llegó como agua en mayo, porque los contadores Geiger, que tienen un techo de unos cuantos miles de partículas por minuto, no podían dar ya respuesta adecuada a las inmensas cantidades de materiales radiactivos que habían aparecido entretanto. Los nuevos contadores de centelleo eran mil veces más rápidos, y el brillo de cada destello era además una medida bastante buena de la energía del electrón. En lugar de pantallas delgadas podían utilizarse bloques de material transparente de varios centímetros de espesor para contar rayos gamma, que en su mayor parte pasan por los contadores Geiger sin enterarse. El naftaleno (la sustancia contra las polillas) fue uno de los primeros materiales que se utilizó; poco después fue sustituido por plásticos y líquidos de centelleo especialmente diseñados.

Esto en cuanto a esa nueva técnica tan potente. Respecto a los resultados, empezaré por el experimento más importante: la prueba final (1956) de la existencia de los neutrinos, esas esquivas partículas con las que había soñado Pauli en 1930. Los físicos se devanaban por aquel entonces los sesos acerca del «proceso beta», en el cual los núcleos pueden modificar su carga al emitir un electrón: Peter Debye dijo que era «un tema como el de la subida de impuestos, sobre el cual lo mejor es no pensar». El

problema era que los electrones salían con energías muy variables, siendo así que, para un mismo isótopo radiactivo, emergían del mismo tipo de núcleo y dejaban atrás la misma clase de núcleo. En quince años de búsqueda no se había encontrado ninguna razón que explicara esa variación aleatoria.

Durante un tiempo Niels Bohr consideró en serio la posibilidad de que el principio de conservación de la energía no se cumpliera en los procesos beta. Según él, cualquier avance en la comprensión de los fenómenos tenía su precio, que generalmente consistía en abandonar algo que hasta entonces se tenía por cierto. Para comprender el movimiento planetario, Copérnico tuvo que desechar la creencia (igual que hizo Aristarco de Samos mil ochocientos años antes, sólo que cayendo luego en el olvido) de que la Tierra era el centro inmóvil del mundo; y Einstein abandonó el tiempo universal para reconciliar la mecánica con la electrodinámica en su teoría de la relatividad. ¿Había llegado el momento de sacrificar la conservación de la energía?

Pauli pensaba de otro modo. En una famosa carta que empezaba: «Queridos señoras y caballeros radiactivos...» (Lise Meitner era una de ellas), sugirió que junto con el electrón se emitía otra partícula y que ambas se repartían al azar la energía disponible. Esa segunda partícula tenía que carecer de carga eléctrica y ser muy ligera, y Pauli la llamó «neutrón»; cuando Chadwick descubrió el suyo, el verdadero neutrón, que es mucho más pesado, sus colegas italianos llamaron al de Pauli «neutrino» (es decir, «neutroncito»), nombre con el que se quedó.

Enrico Fermi, por su parte, elaboró con la idea de Pauli toda una teoría, cuyas conclusiones quedaron confirmadas por los experimentos. Pero todos los intentos de capturar al neutrino acababan en fracaso, porque estaba claro que ni las fuerzas electromagnéticas ni las fuerzas (mayores aún) que mantienen la integridad de los núcleos les afectaban para nada. Una cosa era segura: que el neutrino tenía que ser sensible a la fuerza que era capaz de crearlo; pero esa fuerza era evidentemente muy débil, porque los

núcleos tardaban horas, días o años en realizar semejante hazaña, lo cual es un tiempo inmenso en la escala nuclear. Se calculó que un neutrino podía atravesar la tierra entera y salir por las antípodas sin tener apenas oportunidad de ser detenido por un núcleo. Era claro que hacían falta fuentes muy intensas de neutrinos y detectores muy grandes para atrapar a tan moroso cliente.

Los reactores nucleares ofrecían lo primero, los contadores de centelleo lo segundo. En 1953, y por iniciativa de Frederick Reines, se instaló cerca de uno de los reactores más grandes de los Estados Unidos un tanque con más de doscientos litros de líquido de centelleo. A pesar de que se registraron las señales esperadas, quedaban algunas dudas; en 1956 se realizó un segundo experimento mejorado que, ese sí, fue definitivo. Del ingente número de neutrinos que escapaban del reactor —unos 10^{20} por segundo— se detectaba uno cada veinte minutos. No es mucho, pero suficiente para dejar las cosas en claro, porque la cifra coincidía con los cálculos teóricos. Y la confirmación llegó también a tiempo de dar gusto a Pauli, quien murió dos años después.

De todos los avances que posibilitó esta nueva y poderosa técnica de los contadores de centelleo con fotomultiplicadores, este fue el más sonado. Pero además proporcionó abundante información acerca de los niveles de energía nucleares. Regularidades que hasta entonces eran vagas conjeturas podían verse ahora claramente, y se comprobó que apuntaban a la existencia de una estructura nuclear interna, comparable a la estructura de capas de los electrones atómicos descubierta en los años veinte. ¿Se había equivocado entonces Bohr al equiparar el núcleo a una gota líquida? Pero, por otro lado, ¿cómo van a describir órbitas los nucleones en medio de tantas apreturas?

La clave la tenía una vez más Pauli con su principio de exclusión. He aquí cómo me imagino yo un intercambio de cortesía entre dos nucleones: «Parece que vamos a chocar; pero el caso es que ni usted ni yo podemos ir a una órbita diferente. Pauli dice que las inferiores están todas llenas, y no tenemos energía para ir a una superior. Así

que sigamos nuestro camino como si no hubiésemos chocado. ¡Hasta luego!».



Aage Bohr, hijo y sucesor de Niels Bohr; fue una de las figuras principales en la teoría de los núcleos atómicos y compartió el Premio Nobel en 1976 con Ben Mottelson.

Piense uno lo que piense de esta conversación, lo cierto es que el modelo funcionaba y explicaba muchos hechos, entre ellos, por ejemplo, los «números mágicos» 8, 20, 28, 50, 82 y 126. Desde hacía mucho se sabía que los núcleos cuyo número de protones o neutrones es exactamente igual a uno de los anteriores son especialmente estables, y el modelo de capas permitía predecir justamente esas cifras. Y además explicaba el spin y el momento magnético de los núcleos, estudiados por Kopfermann, en Copenhague, y por otros. El modelo nuclear de capas lo inventaron independientemente la alemana Maria Goeppert-Mayer en EE.UU. y Otto Haxel, Hans Jensen y Hans Suess en Heidelberg; Jensen y Goeppert-Mayer compartieron el Premio Nobel de 1963.

Así y todo, el modelo de la gota líquida no estaba muerto, porque seguía siendo el mejor para describir el

núcleo en estado de excitación, cuando los nucleones parecen, no corteses bailarines, sino una muchedumbre alborotada. Para entender la región intermedia de los núcleos en sus estados cuánticos inferiores hacía falta una rara combinación de intuición mecánico-cuántica y habilidad matemática. Fueron Aage Bohr, el hijo y sucesor de Niels Bohr, y Ben Mottelson quienes consiguieron ese objetivo con su «modelo colectivo», una descripción mecánico-cuántica de las órbitas que describen los nucleones dentro de una gotita. El trabajo conjunto de ambos, que se prolongó durante un cuarto de siglo y que explicó muchos detalles finos del comportamiento nuclear, convirtió a Margarethe Bohr en 1976 en madre y viuda de sendos Premios Nobel; a ella, que a sus ochenta y cinco años, cuando la vi la última vez, seguía tan amable y encantadora como siempre, vaya mi más afectuoso recuerdo.

Sin embargo, lo que más hizo por captar la atención de las gentes y cambiar el estilo mismo de nuestra disciplina fue el desarrollo de los grandes aceleradores de partículas, esos auténticos acorazados de la física, que tienen kilómetros de tamaño y están fabricados con miles de toneladas de acero y cobre. ¿Por qué razón los gobiernos asignan millones y millones de dólares a su construcción y pagan a equipos de cientos de personas que trabajan (en turnos, claro) las 24 horas del día?

Todo empezó con el ciclotrón, inventado y construido por Ernest O. Lawrence y M. Stanley Livingston en Berkeley, California, a principios de los años treinta. La idea básica era la de acelerar las partículas a base de darles muchos empujones pequeños en lugar de uno grande de muchos voltios. Para ahorrar espacio se utilizó un imán de unos cuantos pies de diámetro que obligaba a los protones a girar en círculo. A medida que el protón ganaba velocidad, la trayectoria circular se hacía más grande en la misma proporción, de manera que el tiempo que tardaba la partícula en recorrer cada círculo era siempre el mismo; un intenso campo eléctrico de radiofrecuencia adecuada proporcionaba los empujones a intervalos regulares, dos por vuelta; con unos cien impulsos el protón podía adquirir

energías de unos 10 MeV, que bastan para partir incluso núcleos pesados. Además se vio que los deuterones (núcleos de hidrógeno pesado, que fueron descubiertos por entonces) eran proyectiles aún mejores que los protones.

Lawrence era un experimentador muy osado y a menudo arremetía contra lo «imposible». Así, cuando Bethe acabó de calcular las limitaciones que imponía la teoría de la relatividad, resultó que Lawrence ya las había obviado haciendo que el campo magnético fuese menos regular; el por qué de la mejora no se entendió hasta más tarde. Lawrence le había dicho sencillamente al técnico que introdujera trozos de plancha de hierro en el campo magnético; cuando el técnico le informó que el haz había empeorado, repuso: «Excelente; si puede empeorar es que también puede mejorar». Y así fue, después de algunos



Ernest O. Lawrence (1901-1958), físico norteamericano que por primera vez (en 1930) aceleró partículas hasta altas energías mediante multitud de pequeños pasos intermedios, tanto en línea recta (acelerador lineal) como en espiral (ciclotrón); fue Premio Nobel en 1939.

tanteos. Durante la guerra fabricó grandes imanes para utilizarlos como espectrómetros de masas y separar isótopos de uranio; y cuando el cobre (utilizado en los arrollamientos de los imanes) empezó a escasear, el Tesoro de los Estados Unidos le prestó toneladas de plata, que es un conductor aún mejor que el cobre.

Después de la guerra cayó definitivamente la barrera relativista, primero a base de variar la radiofrecuencia mientras las partículas ganaban velocidad, y luego modificando también el campo magnético; y se inventaron toda clase de trucos ingeniosos para volver a encarrilar las partículas cuando se desviaban de su ruta. Así se abrieron las puertas hacia energías cada vez mayores, con la única limitación del creciente coste de los electroimanes.

Pero, ¿cuál era el propósito que se perseguía? Porque incluso los núcleos más pesados eran ya indefensos contra protones de 20 MeV y pasar a 100 MeV o más era como matar moscas con cañones. El caso es que estas máquinas no estaban pensadas para romper átomos, sino para estudiar la fuerza con que los nucleones interactúan entre sí. De la manera en que dos protones salían rebotados en un choque se esperaba averiguar cómo variaba esa fuerza con la distancia entre aquéllos. En realidad era un intento de ampliar lo que Rutherford había hecho cuarenta años antes, sólo que la cosa no salió como estaba prevista y surgieron grandes sorpresas.

Hasta los 100 MeV todo parecía de una sencillez aplastante: los protones se comportaban más o menos como pequeñas bolas de billar, de diez billonésimas de pulgada de diámetro. Pero hacia los 150 MeV parecía que los protones se hinchaban; se hacían más propensos a chocar con otros protones que se cruzaran en su camino y en algunos de los choques se creaban nuevas partículas, llamadas mesones, que habían sido descubiertas unos meses antes en la radiación cósmica.

El descubrimiento no había surgido por arte de magia, como es natural, porque el teórico japonés Hidekei Yukawa había predicho ya en 1935 las existencias de «cuantos» relacionados con la fuerza nuclear, igual que los fotones

son los cuantos relacionados con la fuerza electromagnética. Pero mientras que los fotones no tienen masa intrínseca, aquellos otros deberían tener una masa 300 veces superior a la del electrón. Ese «mesón» (de masa intermedia entre la del protón y la del electrón) fue descubierto poco después en la radiación cósmica, pero no se ajustaba a las predicciones de Yukawa: su masa era sólo 207 veces la del electrón, y su poder de penetración era demasiado grande. Hoy se le conoce con el nombre de muón y está considerado como un tipo pesado de electrón.

El verdadero mesón de Yukawa, que hoy se llama mesón pi, o pión en abreviatura, fue detectado por las trazas que deja en emulsiones fotográficas especiales de grano muy fino. Estas trazas, analizadas con cuidado al microscopio, revelaron que el pión tiene carga eléctrica (porque si no, no dejaría una traza) y una masa muy próxima a la estimada por Yukawa; es radiactivo y se transforma al cabo de algunos nanosegundos en un muón. Pero ahí no acaba la cosa: el muón también es radiactivo y explota, tras una vida media de dos microsegundos, en un electrón (o un positrón, según su carga) y dos neutrinos.

A medida que los aceleradores fueron creciendo se descubrieron otras partículas nuevas; hoy día se conocen varias docenas de ellas y siguen descubriéndose más. La cuestión de si son o no elementales recuerda un poco a ese puñado de átomos que hace un siglo se creía que eran indivisibles, cada uno con sus propiedades químicas características e inexplicables. Tras un intervalo de esperanza hacia 1920, cuando parecía que esos «átomos» habían quedado reducidos a nada más que dos ladrillos elementales —el electrón y el protón—, parece que ahora volvemos al siglo XIX. Varias docenas de entidades subatómicas reclaman el derecho a ser elementales; algunas de ellas ¿lo serán más que otras?

La más vieja, el electrón, sigue pareciendo elemental, y, naturalmente, también su antipartícula, el positrón. Al ser las más ligeras de todas no son sospechosas de una complejidad encubierta, y de hecho obedecen con gran exactitud la ecuación que Dirac inventó en 1928; ninguna

prueba ha dejado de confirmarlo. Sólo que ahora son parte de una familia, los «leptones», que incluye también al muón y dos tipos de neutrinos, todos ellos con sus antipartículas. Esta familia de ocho lleva una vida aparte: sólo cuatro reaccionan ante campos electromagnéticos y ninguna de ellas es sensible a las fuerzas que dominan el mundo nuclear. El protón no es elemental; la primera prueba llegó cuando se vio que su momento magnético, medido por Stern y por mí en 1932, era casi tres veces mayor que el que predecía la teoría de Dirac. El neutrón, el hermano neutro del protón, acababa de ser descubierto; Pauli había sugerido su neutrino, y el positrón, predicho por la teoría de Dirac, se observó en 1933. Después vino cierta calma, durante la cual la estructura básica de la materia parecía todavía más o menos simple. El muón, detectado por primera vez en 1937, no era más que un indicio de lo que estaba por venir.

Un nuevo capítulo se abrió cuando Cecil Powell y Giuseppe Occhialini extendieron el estudio de las trazas de rayos cósmicos con la utilización de placas fotográficas de grano muy fino. A principios de siglo se habían observado las gruesas trazas formadas por partículas alfa, y en los años veinte un grupo de científicos vieneses (sobre todo Kara Michailowa, Marietta Blau y Berta Karlik) habían intentado perfeccionar las emulsiones para obtener un detalle más fino; pero sus trabajos quedaron archivados y olvidados durante veinte años. Poco después de la guerra el químico canadiense Pierre Demers fabricó emulsiones de grano mucho más fino; los físicos ingleses nombraron un comité, presidido por mi viejo amigo Joseph Rotblat, que consiguió que la industria fotográfica se interesara en las nuevas posibilidades, consiguiéndose así una nueva y poderosa herramienta de investigación. La cámara de niebla de Blackett se unió a la caza, y el exiguo muestrario de partículas de la radiación cósmica se vio extraordinariamente engrosado cuando los grandes aceleradores entraron en acción.

Como contar paso a paso toda la historia sería una labor tediosa y confusa, lo que haré es enunciar brevemente los



El autor tocando el piano en el Michelson Laboratory, China Lake, California, en 1950.

hechos principales. El protón resultó ser el miembro más ligero, y el único estable, de una gran familia que sigue creciendo: los bariones. Algunos son tan efímeros que ni siquiera pueden recorrer una distancia medible; su existencia la deducimos de las partículas en que se desintegran. Pero las primeras que se detectaron tenían una vida del orden de nanosegundos, lo cual era extraño porque las estimaciones teóricas daban vidas mucho más cortas. Por eso se las llamó partículas extrañas (o raras) y se postuló que portaban una o más unidades de algo de lo que era difícil desprenderse (aunque no se conservaba estrictamente como la carga o la energía); a ese algo se le dio el nombre de «extrañeza» o «rareza».

Cualquiera diría que hemos vuelto al siglo XVIII, cuando los científicos decían que un objeto estaba caliente porque contenía un fluido llamado «calórico». En realidad no

es así, aunque nuestra ignorancia en torno a la naturaleza de la «extrañeza» es comparable a la de los físicos del XVIII en torno al calor. El problema es que no podemos observar la entidad que, pensamos, impide desintegrarse a esas partículas extrañas; así que hacemos un chiste y lo llamamos «extrañeza».

Otras propiedades de las partículas, como la carga, la masa y el spin, pueden medirse más o menos directamente, y los resultados, que siguen ciertos patrones, intentamos analizarlos matemáticamente. Es un poco como una carcoma que observa una partida de dados desde el techo de un bar; puede que advierta que sobre la mesa aparecen una y otra vez dos cuadrados blancos con un número de puntos negros que varía al azar; pero si jamás ha visto un dado de cerca, tendría que ser una lumbrera para darse cuenta de que se trata de las caras de dos cubos. Nuestra situación es parecida: observamos las combinaciones variables de masa, carga y spin e intentamos adivinar la estructura global de la cual aquéllas podrían ser diferentes aspectos.

Una interpretación que cayó en desgracia durante un tiempo, pero que ha vuelto a adquirir auge últimamente, es la propuesta, hecha por el teórico norteamericano Murray Gell-Mann, de que un barión está compuesto de tres «quarks». Nadie ha visto hasta ahora un quark, pero como se supone que llevan una carga de un tercio o dos tercios de la del electrón, no tendría que ser difícil. A lo que parece, los quarks se aferran con mucha fuerza unos a otros, o quizá haya alguna otra razón por la que no pueden existir aislados. (Los imanes también tienen dos polos, pero nadie ha visto nunca uno aislado.) Gell-Mann pensaba en tres clases diferentes de quarks, pero el número ha subido últimamente y se han postulado variedades que difieren en el «color» o en el «sabor»; incluso «encanto» se les atribuye a algunos para explicar la misteriosa vida de algunas partículas muy longevas recién descubiertas. (Probablemente no estén conectadas con la fuerza de la gravedad, pero en la elección de nombres yo sí detecto la de la levedad.)

El físico maneja hoy día especulaciones de esta índole con gran delectación, y aún es pronto para decir cuáles —si es que alguna— sobrevivirán hasta el siglo que viene. Lo importante es que son necesarias: predicen cosas que pueden observarse y los experimentadores no paran de contrastarlas para eliminar las que son falsas y poder estudiar mejor el resto. Hablando en términos muy generales, el experimentador intenta medir todo lo que puede y a menudo obtiene resultados inesperados que dan pie a nuevas especulaciones. Lo más probable, sin embargo, es que tenga que venir otro Bohr u otro Einstein para juntar todas las piezas y crear una teoría que realmente tenga sentido.

Vayamos por último con los mesones. Yukawa, como ya dije, había predicho esta clase de partículas para explicar el «pegamento nuclear» que mantiene juntos a los nucleones en el núcleo: una fuerza intensa y atractiva a distancias muy pequeñas, pero totalmente inobservable a la distancia usual entre átomos. Con una energía suficiente (unos 140 MeV como mínimo) un nucleón puede producir un pión (el más ligero de los mesones). Según la teoría cuántica, puede hacerlo por su cuenta siempre y cuando recupere el mesón antes de que pueda detectarse la pérdida, por el principio de incertidumbre de Heisenberg. La imagen que se me viene a la mente es la de un chaval que va andando, tira de vez en cuando una pelota al aire y se la vuelve a guardar; si se juntan dos chavales, se pasarán la pelota uno al otro y permanecerán juntos por la pura diversión del juego. Con los nucleones pasa algo parecido: se atraen mutuamente porque cuando están cerca pueden pasarse mesones «virtuales». La cosa parece de chiste, pero se ajusta a los hechos; incluso el magnetismo adicional del protón y el magnetismo del neutrón, medidos en 1939, concuerdan con la idea de que un nucleón produce constantemente mesones y los vuelve a atrapar.

Aparte de los anteriores existen otras muchas clases de mesones más pesados que, al no poder volar tan lejos, sólo influyen sobre la fuerza entre nucleones a distancias más pequeñas aún. Algunos son incluso más pesados que los

protones y no hacen plena justicia a su nombre de «mesones». Pero lo que no podemos hacer es rebautizar continuamente las cosas; hoy seguimos hablando de átomos («indivisibles») a pesar de que los hemos escindido en muchos trozos.

¿Hacia dónde caminamos? Como no soy un Einstein ni un Bohr, no os lo puedo decir. Probablemente hagan falta conceptos nuevos en los cuales nadie ha pensado aún. Y los aceleradores de partículas, esos auténticos acorazados de la física, cabe considerarlos como gigantescos microscopios para escrutar los secretos más íntimos de la materia. Simbolizan el impulso y el poder de la ciencia pura, dirigida no al beneficio material sino al conocimiento más profundo de la naturaleza de las cosas.

Regreso a Inglaterra

Poco después del final de la guerra comenzó el éxodo de Los Alamos. Nos habían pedido que nos quedásemos e hiciésemos un informe escrito del trabajo que habíamos hecho, para así conservar y quizá publicar los conocimientos recogidos; pero esa labor sólo dio para algunas semanas. Por mi parte tenía planeadas unas vacaciones en California. Hans Staub, el suizo que había compartido la dirección de su grupo con el italiano Bruno Rossi, era profesor en la Universidad Stanford y me había propuesto pasar una temperorada en su casa de Palo Alto. Staub tenía verdadero apego a California; decía que era la única parte de América donde se podía vivir y, para asombro de propios y extraños, había rechazado un contrato de profesor en Chicago, con un sueldo doble del que tenía. Su opinión quedó contundentemente expresada (con fuerte acento suizo) cuando afirmó: «Por mí, que Hitler se quede con todo lo que hay al Este de las Montañas Rocosas».

El transporte de su familia no fue asunto sencillo. Su mujer y un hijo recién nacido salieron en avión por delan-

te, mientras que él y sus dos hijas (que estaban todavía en edad escolar) irían por carretera; como el viaje era largo, me invitó a ir con ellos y turnarnos al volante. Su sangre fría es digna de todo encomio, porque mientras yo, conductor de pésimo historial y nula experiencia en ciudad, me abría paso como podía por Los Angeles, él descabezaba despreocupado un sueñecito. Fue un milagro que saliéramos ilesos. El último miembro de la familia, el gato, lo pusieron en un canasto junto con unos pescados y lo enviaron por ferrocarril; llegó varios días después, casi en los huesos y el pescado apestando a mil demonios. Al llegar a Palo Alto, Staub nos advirtió que como el gato había estado fuera de casa durante dos años era posible que no reconociera su antigua casa y quisiera escaparse, así que nos encareció a todos que no lo dejáramos salir bajo ningún concepto. Pues bien, la primera noche que pasé en su casa oigo un maullido, me levanto medio dormido de la cama y pienso: cuando un gato maulla se le deja salir, así que abriré la puerta. Me meto otra vez en la cama y entonces caigo en la cuenta de que he obrado mal. A partir de entonces me paso una incómoda hora entre el sueño y la vigilia, con la idea fija de si el minino habría vuelto, de si volvería siquiera y qué diría yo al desayuno si decidía no volver. De cuando en cuando me acercaba a la puerta y miraba afuera: ni rastro del gato. Por fin, al cabo de una hora, le encontré tumbado en la esterilla; entró sin rechistar y todo volvió a la normalidad. Creo que nunca llegué a confesar esta aventura nocturna.

Con los Staub estuve un par de semanas. Me hubiese gustado ver un poco de la ciudad y de los alrededores, pero tenía que acabar un libro que había empezado antes de la guerra y en el que quería explicar el mundo de los átomos al lector profano. Trabajé de firme en él de la mañana a la noche y se publicó con el título *Meet the Atom*, pero no fue un éxito clamoroso. Desde entonces he escrito varios libros más sobre temas parecidos, ninguno de los cuales ha figurado en las listas de best-sellers. Me gusta escribir, y las cartas que recibo de mis lectores incondicionales me hacen sentir bien; lo que me digo es que con

que sólo unos cuantos jóvenes se sientan atraídos por la física a través de mis libros y se conviertan en buenos científicos, merece ya la pena escribir.

Al cabo de esas dos semanas, justo cuando me disponía a empezar a disfrutar de California, recibí una llamada de John Cockcroft, jefe del laboratorio atómico de Chalk River, en Canadá. Cockcroft me dijo que le gustaría que dirigiera una sección del nuevo A.E.R.E. (Atomic Energy Research Establishment) que se estaba poniendo en marcha en Harwell, Inglaterra, no lejos de Oxford, y que quería que fuera a Nueva York para conocer a mi futuro subdirector, un tal Dr. Coburn. Me preguntó si podía estar en Nueva York a la mañana siguiente y le contesté que bueno, que en esta época de la aviación todo era posible. Con un par de llamadas telefónicas reservé plaza en un avión que salía de Los Angeles a la mañana siguiente, lo



Robert Cockburn (pronunciado Coburn); inventor de importantes aplicaciones del radar; ocupó el cargo de subdirector de la Atomic Energy Research Establishment, en Harwell, bajo la dirección del autor; más tarde dirigió la Royal Aircraft Establishment, en Farnborough. Recibió el título del Sir en 1960.

cual significaba que tenía que hacer las maletas a toda prisa, salir de madrugada y coger el vuelo de las siete en San Francisco. Veinticuatro horas después de hablar con Cockcroft aterrizaba en Nueva York. En el Hotel donde tenía que ver a mi futuro jefe me dijo el recepcionista que allí sólo estaba registrado un tal Dr. Cockburn. Le contesté que no, que el nombre que me habían dado era Coburn. Al final caí en la cuenta: el recepcionista no sabía (ni yo tampoco, a qué mentir), que el apellido Cockburn se pronuncia tradicionalmente Coburn. Más tarde, estando ya en Harwell, llegó otro científico cuyo apellido alemán, Fuchs, hacía que a veces los ingleses lo pronunciaran de un modo algo embarazoso; cosas de la fonética. A propósito de ambos apellidos, alguien inventó unos versos cuya rima explicaba la pronunciación correcta: «Said Dr. Cockburn to Dr. Fuchs: Where do you buy your library books? Said Dr. Fuchs to Dr. Cockburn: I go to a little shop in Holborn».

El talante enérgico y extravertido de Robert Cockburn me cautivó inmediatamente y nos hicimos buenos amigos en cuanto empezamos a trabajar juntos en Harwell. Cockcroft me sugirió luego que pasara primero unas cuantas semanas en Canadá, en Chalk River, donde estaban concentrados casi todos los planes de energía atómica canadienses. Las pocas semanas que permanecí en Canadá fueron demasiado breves para asentarme y entablar amistades verdaderas, pero, en cambio, fue interesante ver a mi viejo amigo Kowarski al frente de la construcción de un reactor de agua pesada; la experiencia adquirida allí la aplicó luego a la construcción del primer reactor de Francia (y de Europa).

De esta época recuerdo dos historias divertidas. Una de ellas tiene que ver con un joven físico que, convencido de que nadie leía nunca sus informes técnicos, decidió comprobar sus sospechas y pidió a la mecanógrafa que en medio de un informe metiera unas líneas que dijeran algo así como «...siete hadas verdes bailaban a la luz de la luna...». La prueba le demostró estar equivocado; al poco tiempo recibió una respetuosa carta de Cockcroft interro-

gándole acerca de la pertinencia de las hadas verdes para el tema de su informe. La segunda anécdota tiene que ver con un versículo que escribió Nicholas Kemmer (luego profesor de la Universidad de Edimburgo) cuando, para horror del servicio de protección contra la radiación, se encontró una fuente de radio bastante potente abandonada en un archivo próximo a la mesa de la secretaria:

> *A typist, proficient in Morse,*
> *Sat for weeks on a radium source*
> *Until a pink rash*
> .—..—
> *The rest of the story is coarse* *.

Poco después de salir de Canadá me dijeron que había recibido una llamada telefónica de una gran compañía de cine americana que anteriormente había escrito a Lise Meitner pidiéndole asesoramiento para una película sobre la bomba atómica y autorización para que su papel lo representara una actriz. Lise Meitner se había negado en redondo, alegando que verse en una película sería tan penoso como pasear desnuda por Broadway; y en cuanto a la exactitud de los detalles les dijo que se dirigieran a mí. La llamada, como digo, no me alcanzó porque yo había tomado ya un tren a Halifax para desde allí embarcar. El viajecito, que duró treinta y seis horas, fue al principio una pesadilla, porque nada más salir me di cuenta de que no llevaba dinero encima; durante un rato pasé un hambre atroz, hasta que encontré un conocido que me sacó del apuro.

Poco después de llegar a Inglaterra me localizó por fin la compañía cinematográfica; recibí una carta de un abogado en la que me proponía una entrevista para negociar el permiso para rodar mi papel y de paso darles mi opi-

* Una mecanógrafa, excelente en Morse, / estuvo sentada durante semanas sobre una fuente de radio, / hasta que un sarpullido rosa / .—..— / El resto de la historia es chusco.

nión sobre el guión que habían preparado, o mejor dicho, sobre la escena en la que yo aparecía. La visita al abogado me ofreció la oportunidad de conocer a un hombre que había conseguido mi máxima ambición: ¡tener un piano de cola en su despacho! Me enseñó el guión y sin necesidad de leerlo dos veces me dí cuenta de que era una caricatura de lo que realmente había sucedido en los laboratorios, y que algunos de los protagonistas, como Lise Meitner y Otto Hahn, estaban grotescamente distorsionados. Le dije, pues, que me lo pensaría, y una vez en casa decidí que por qué no divertirme un rato y escribir yo otro guión. Algunos días después se lo llevé al abogado. Me preguntó por mis honorarios y le dije que diez libras. Contestó que era muy poco (¡ojalá le hubiese pedido cien!) y me dio veinte por el guión y por el permiso de representación. En realidad no me preocupaba: si Oppenheimer y otros de los que participaron en el trabajo de la bomba atómica aceptaban, tanto mejor, y si no el filme no se rodaría. Al final llegó, efectivamente, a las pantallas, pero sólo aparecían personajes americanos y daba la impresión de que no había participado ningún otro país en la investigación y fabricación de la bomba A. Todos los detalles científicos estaban equivocados y el filme, bastante pretencioso, cayó pronto en el olvido.

En Canadá me habían entrevistado para el British Civil Service y ofrecido el puesto de jefe de división en el Atomic Energy Research Establishment que se estaba construyendo en Harwell, con el grado de subdirector científico. Hacia aquella misma época recibí la O.B.E., la Orden del Imperio Británico. Mi padre, a quien le comuniqué ambas noticias, estaba muy orgulloso y fue diciendo por ahí a la gente que a su hijo le habían nombrado subdirector científico del Imperio Británico; modestia aparte, me atrevería a decir que algunos extranjeros le creyeron. El puesto era más o menos equivalente a una cátedra, con lo cual ¡podía viajar ya en primera! En Harwell no había aún nada instalado, porque estaban transformando para ese propósito un viejo aeropuerto militar; así que durante los dos primeros meses nos instalamos en una oficina de Londres, en el último piso de la Shell-Mex House en el Strand, con muy poco que hacer. Reconozco que podría haber hecho más si le hubiese echado un poco más de iniciativa, pero el caso es que maté el tiempo haciendo cálculos matemáticos de las fluctuaciones en sistemas de reacción en cadena, el proyecto de física matemática más ambicioso que jamás he abordado y que luego llegó a publicarse, aunque con tantos errores que ni me atrevo a mirarlo y por supuesto me abstengo de decirle a nadie dónde encontrarlo.



El autor hacia 1945.

Durante mi estancia en Londres viví en el piso de Lotte Meitner-Graf, mujer de Walther Meitner, el hermano menor de mi madre; él era químico industrial y trabajaba en Manchester, mientras que ella, fotógrafa famosa, tenía su estudio en Londres. La vida allí era agradable hasta el

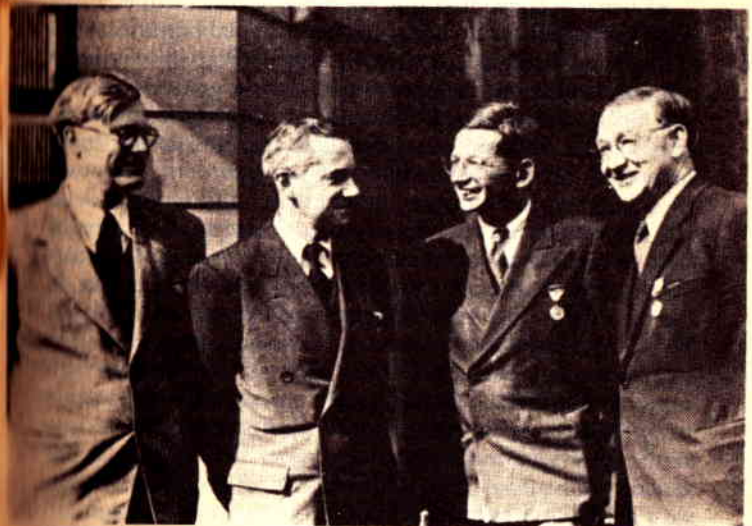
punto de que me acostumbré muy mal. En el estudio de Lotte, por donde iba muchas veces, pude apreciar que realmente era una artista magnífica; muchas de sus fotografías —las de Nehru, Bertrand Russell y Yehudi Menuhin, por ejemplo —aparecieron en portadas de libros y discos, y durante un tiempo se vio por toda Inglaterra un póster suyo de Albert Schweitzer para reclutar gente joven que trabajara voluntaria en países subdesarrollados. Lotte estaba especializada en retratos de músicos y físicos y en ese terreno pude ayudarle a veces a establecer contactos.

Cuando en Harwell estuvo todo instalado, me fui a vivir allí. Primero estuve en la casa de huéspedes, y más tarde, al anunciar que iba a casarme, me asignaron una casa prefabricada hecha de aluminio y aislante de fibra de vidrio. El invierno siguiente fue el más duro que recuerdo en mi vida; los vasos de agua que había en las distintas habitaciones permanecían helados durante semanas y sólo mantenía caldeada una habitación. Una vez, al volver de un fin de semana (al irme había tenido la precaución de apagar la calefacción) encontré que el depósito de agua se había helado justo por debajo de la llave de paso principal, que naturalmente había cuidado también de cerrar para que no reventaran las cañerías. Así que tuve que derretir nieve en un hornillo eléctrico, calentar una buena cantidad de agua y echarla por las tuberías hasta que empezaron a deshelarse. Poco después rompí mi compromiso matrimonial, pero me dejaron que siguiera en la casa prefabricada hasta que me fui, en el otoño de 1947.

Por los alrededores se seguía construyendo cantidad de edificios, y en las épocas de deshielo el barrizal que se formaba era indescriptible; el par de botas Wellington que me compré y que no me quitaba en todo el día me valieron el mote de «Comisario Frisch». Por lo demás, me pasaba el día en mi despacho calculando fluctuaciones en reactores y tratando de hallar métodos de obtener mediciones precisas a pesar de esa perturbación que, naturalmente, eran una fuente de error. En alguna ocasión me disculpé ante mi subdirector (ahora Sir Robert Cockburn) por dejarle todo el trabajo de contratar gente y organizarla

en unidades. Pero pienso que a él le gustaba, y en cualquier caso me dijo que si tenía dos buenas ideas al año me había ganado de sobra el sueldo.

Cockburn tenía el don de la estrategia que a mí me faltaba. En cuanto se le presentaba un problema intentaba inmediatamente estimar cuánta gente y de qué clase le



Posando para la prensa; de izquierda a derecha: William Penney, el autor, Rudolf Peierls, John Cockcroft.

hacía falta para resolverlo, mientras que mi primer impulso era abordarlo yo solo, lo cual, como es lógico, era un poco absurdo. Pero Cockburn apreciaba mis cualidades, y recuerdo una vez que me dijo: «Cuando llevo todo el día rompiéndome la cabeza contra la pared, llega el viejo Frisch, husmea y encuentra una puerta de salida». Creo que es uno de los piropos más grandes que he recibido.

Por aquella época había todavía escasez de algunos alimentos y por consiguiente existía el inevitable mercado

negro (del que yo no sabía nada). Un día me invitó Cockburn a comer un pollo que su mujer había adquirido no se sabe dónde. Nos sentamos a la mesa con la boca hecha agua y al ir a hincarle el diente comprobamos que era incomestible. Jamás he masticado nada tan duro y correoso. Cockburn montó en cólera. Mi opinión es que tenía que ser un gallo de pelea.

Al llegar a Harwell ví que las mesas y bancos que el ministerio de turno había instalado en los laboratorios eran nada menos que de madera de nogal. Pensando que se imponía sentar un precedente para que la gente se animara a utilizar estas elegantísimas superficies como mesas de trabajo que sirvieran para atornillar aparatos donde fuese menester, pedí una taladradora y, ni corto ni perezoso, hice unos cuantos agujeros en una de ellas (inservibles, claro). De cuando en cuando echaba un vistazo a los trabajos que se realizaban en la sección donde se estaba construyendo el primer reactor nuclear de Inglaterra, una pila de bloques de grafito sin refrigeración que —como la pila de Fermi— sólo podía funcionar a muy baja potencia, pero que era muy útil para muy diversas mediciones. Su nombre era ZEEP, «Zero Energy Experimental Pile» (pila experimental de energía cero). El siguiente prototipo, que tenía refrigeración por agua y era capaz de mucha más potencia, se llamaba BEPO, iniciales de «British Experimental Pile» (Pila experimental británica), con una «o» a modo de apéndice para que las siglas sonaran mejor. El hombre que lo dirigía, Charles Watson-Munroe, tenía un acento australiano tan cerrado que nunca supe si estaba diciendo «pile» o «power»; las dos palabras me sonaban absolutamente iguales.

Una noche, en la época en que todavía vivía en las casas de solteros, en Icknield House, oí con gran sorpresa una música muy fuerte que salía de la chimenea. Estaba ya en la cama, pero con ese ruido no había ni que pensar en dormir. Así que subí las escaleras en bata y llamé a la puerta del piso de arriba. Me abrió el joven físico Ken Smith, que había tenido la feliz ocurrencia de colocar un altavoz justo enfrente de la chimenea, aprovechando la

pared opuesta como superficie de reflexión; y como ambas chimeneas comunicaban, la mitad de la música salía por mi habitación. Me pidió mil disculpas y bajó inmediatamente el volumen. Luego nos hicimos buenos amigos, y más tarde, cuando decidió proseguir sus estudios de física y hacer el doctorado en Cambridge, fui su supervisor. Poco después era jefe del departamento de física de la Universidad de Sussex.

Fue también en Icknield House donde traté de trabar amistad con Klaus Fuchs, a quien había conocido en Los Alamos. Fuchs era una persona callada y huidiza; intenté convencerle para que tocáramos juntos, porque sabía que tocaba el violín, pero él se empecinó en que había perdido soltura y nunca llegamos a reunirnos. Recuerdo una animada discusión entre varios de nosotros acerca de qué hacer con unos calcetines rotos y sin mujer que los remendase. (Los calcetines eran entonces de lana y no duraban mucho.) Yo había descubierto que los agujeros se podían tapar con parches adhesivos, con lo cual mis calcetines tenían ya más parches que lana. Al preguntarle a Klaus Fuchs qué hacía él con los calcetines rotos, dijo lacónicamente: «Me los pongo». Hacia Fuchs sentía yo gran respeto, no sólo por sus conocimientos de física matemática, sino también por lo humano que era con su gente. Como jefe del departamento de física teórica se preocupaba constantemente de que el bar y las habitaciones estuviesen siempre en buenas condiciones, mientras que él mismo vivía rodeado de gran modestia. Recuerdo que una vez se ofreció a llevar en coche a Lise Meitner, que había venido de visita a Harwell y cuyo coche oficial se había retrasado. La llevó a la estación despendolado, a cuarenta kilómetros por hora, que era el máximo que alcanzaba su vieja carraca... y Lise perdió el tren. Por aquel entonces nadie sospechaba el revuelo que crearía Fuchs algún tiempo más tarde. Para narrarlo es preciso dar un salto de varios años.

En 1950, estando yo en Cambridge, recibí una llamada de la BBC pidiéndome que diera, casi de un día para otro, una breve charla sobre el enlace de hidrógeno. Al principio me quedé un poco desconcertado sin saber por

qué querían que hablara sobre el concepto químico de «enlace de hidrógeno», del que apenas sabía nada, hasta que caí en la cuenta de que había entendido «enlace» en lugar de «bomba»*. Aclarado el error, acepté gustoso la invitación. Pero tenía que trabajar contra reloj, y además era necesario obtener previamente el visto bueno para hablar de un arma tan secreta, cerciorándome de que el guión no revelaba ningún secreto oficial. Telefoneé a mi amigo Peierls, pero estaba ocupado y me sugirió que consultara a Klaus Fuchs. Le telefoneé y me dijo que le venía mal en ese momento. Finalmente me puse en contacto con una tercera persona que podía servir para ese propósito, Michael Perrin; me dijo que si iba a su despacho antes de grabar la charla leería el guión y me diría si convenía suprimir algo.

La mayor parte de la charla la escribí en el tren, en mi máquina de escribir portátil, durante el trayecto hasta Londres, y de la estación me fui derecho al despacho de Perrin. La primera persona que me encontré allí fue Eric Welsh, que había trabajado en el servicio de inteligencia noruego y se había casado allí con una nativa. Me recibió con desacostumbrada solemnidad y me dijo que era absolutamente esencial tener el visto bueno; a mí me extrañó que se pusiese tan serio. Después de esperar un rato apareció Perrin, leyó el manuscrito sin detenerse demasiado, me sugirió algún que otro cambio y me dejó ir a la BBC. Allí grabé la charla, que se retransmitió esa misma tarde después de las noticias. Poco después me reuní con mi novia, que había ido a recogerme para almorzar juntos, y me comentó que uno de mis compañeros —creía recordar que el nombre era Fuchs— había sido detenido por traición. Me quedé de piedra. «¿Traición? ¡Qué tontería! Ni siquiera ha podido ser por exceso de velocidad, porque su coche no da para tanto; quizá haya aparcado en la acera prohibida». Pero ella insistió y dijo que era algo así como alta traición.

* *Bomb* (bomba) y *bond* (enlace) tienen sonidos similares. *(N. del T.)*

Luego, al escuchar el boletín de noticias, supe que Fuchs había comparecido, efectivamente, ante un tribunal de Bow Street, acusado de pasar información secreta a la Unión Soviética. Al principio pensé que era un montaje, pero luego me enteré de que había confesado, de que, en su ingenuidad, había creído que era una falta leve y que después de recibir unos golpecitos en los nudillos le dejarían volver a Harwell porque su trabajo era importante. Con lo que desde luego no contaba era con que le cayesen catorce años. Hoy sigo creyendo que Fuchs actuó por motivos sinceros. Era hijo de un clérigo alemán y le habían educado para actuar según el dictado de la conciencia. Pensaba que en el mundo de hoy, el comunismo era lo más próximo al cristianismo y que no era justo que nuestros valientes aliados ignoraran los avances en cuestión de armamento. Después de salir de prisión (cumplió nueve años de condena) marchó para Alemania Oriental y obtuvo una cátedra; allí comprobó, sin embargo, que no era tan fácil combinar el trabajo matemático con el bienestar de la gente que trabajaba con él, y recibió un aviso advirtiéndole que dejara el bienestar para los responsables del mismo.

En la primavera de 1947 —volviendo otra vez atrás— me ofrecieron, sin yo esperármelo, la Jacksonian Professorship en la Universidad de Cambridge. Vistas las cosas retrospectivamente, quizá parezca raro que dudara varios días en aceptar. En parte fue por pereza, porque después de casi dos años en el Civil Service, donde Robert Cockburn hacía la mayor parte de mi trabajo, me tentaba muy mucho seguir con aquella vida regalada. Por otra parte, la cátedra que me ofrecían era realmente distinguida; la había ocupado Sir James Dewar (el inventor de la botella de vacío, entre otras cosas), Sir Edward Appleton (padre de la investigación ionosférica) y Lord Rutherford. Para ser sinceros, la idea de meterme en los zapatos de Rutherford me aterraba. ¡Con uno de ellos hubiese tenido ya más que de sobra!

Sir John Cockcroft había sido el sucesor de Rutherford en dicha cátedra desde 1938, pero luego se ausentó de

Cambridge durante la guerra y desempeñó un papel importante en la organización de la investigación del radar, primero, y de la bomba A después. Ahora era director de Harwell y su antigua cátedra era la que me ofrecían. Cuando recabé su consejo se negó a influirme en ninguno de los sentidos. ¿Quería retenerme en Harwell o, por el contrario, sustituirme por alguien más eficaz y no me lo quería decir? Nunca lo sabré. Mi sucesor fue mi amigo Egon Bretscher, el suizo con quien escalaba en Los Alamos.

El rumor corrió como la pólvora. El físico de Oxford Lord Cherwell preguntó: «¿Qué es lo que he oído, Frisch? ¿Qué se va usted a la zona oriental?». Pero Chadwick, a quien le consulté también, me dijo: «Sólo un necio lo rechazaría». Así que acepté.

Cambridge, 1947-...

Mientras pasaba unas cortas vacaciones de verano en Suecia con mis orgullosos padres recibí una carta de Sir Lawrence Bragg en la que me decía que quería proponerme para un Fellowship en Trinity College y me pedía un curriculum vitae. Mi briosa respuesta mencionaba como uno de mis logros «el diseño de partes del ciclotrón de Copenhague, que luego tuvieron que ser sustituidas a un coste muy elevado» y como afición principal la de «estar tumbado al sol sin hacer nada». Mucho después supe que esa carta, copiada y repartida por Bragg entre los *fellows*, había contribuido a mi elección.

La vida del *college* me gustaba: la compañía de personas locuaces y bien informadas, un apartamento espacioso que daba a un gran patio junto a la biblioteca Wren, y todas mis necesidades cubiertas. Hoy sigo siendo *fellow* vitalicio, pero ya no vivo en el *college*, como casi ningún casado. Lo que sí sigo haciendo es almorzar o cenar allí todos los días, y desde luego me siento parte de su ambiente intelectual.

Fue en Londres, a través de mi tía Lotte Meitner-Graf, la fotógrafa, como conocí a Ulla Blau, artista gráfica nacida en Viena, igual que yo; y en la primavera de 1951 nos casamos. Ulla me abrió los ojos a todo un mundo de las artes visuales al que yo había prestado escasa atención. Tuvimos una hija y un hijo en rápida sucesión; ambos trabajan lejos de nosotros, pero seguimos manteniendo contacto. Mi hijo me ha deparado además la alegría de estudiar física, así que ahora podremos pasar buenos ratos jun-



El autor y su esposa Ulla, casados en 1951.

tos charlando del oficio. Mi hija, que se licenció en ciencias sociales, dedica su vida a mejorar la suerte del prójimo; creo que con muchas personas así el mundo no andaría tan de cabeza.

De las razones por las que no quiero hablar demasiado sobre los veinticinco años que pasé en el Laboratorio Cavendish ya dije antes algo, pero no quisiera dejar de señalar brevemente los puntos más notables, tal y como yo los veo. Otros tendrán una opinión diferente, y pido perdón a aquéllos a cuyo trabajo no hagan justicia estas líneas. Antes, sin embargo, quiero decir algo más acerca de mis padres.

En marzo de 1938, cuando Hitler anexionó Austria, mi padre estaba todavía en Viena. Por humillaciones como la de barrer las calles bajo supervisión de los nazis no tuvo que pasar: no tenía la nariz curva y su origen judío pasó de momento inadvertido. En noviembre, sin embargo, fue asesinado el embajador alemán en París a manos de un joven judío alemán medio desesperado (el incidente en que Michael Tippett basó su oratorio *A Child of Our Time*). La noche siguiente fue una noche de terror en la que los vidrios rotos de las tiendas judías cubrieron las calles (de ahí el nombre de «Kristallnacht»); cantidad de judíos fueron detenidos e internados en campos de concentración.

La primera noticia que tuve fue cuando mi madre me telefoneó desde Viena y me gritó desesperada que las S.S. (iniciales de «Schutzstaffel», las camisas negras de Himmler) se habían llevado a mi padre. Los dos meses siguientes son una confusa pesadilla en mi memoria. Niels Bohr envió a uno de sus científicos a Alemania para que hablase con un alto funcionario que era padre de uno de los amigos de Bohr; pero creo que de allí no salió nada. Por otro lado, el jefe de mi padre, el Dr. Bermann, había logrado escapar a Suecia antes de la «Kristallnacht» y reemprender su negocio, ofreciendo desde allí a mi padre su antiguo puesto, caso de lograr salir de Alemania. Ante la solidez de la oferta, un alto funcionario sueco, Justizierad Alexandersson, prometió extender un permiso de trabajo en cuanto mi padre llegara a Suecia. No sé cuánto de esto sería por influencia de Bohr.



El autor con sus dos hijos, Mónica y Tony, hacia 1965.

A los prisioneros no políticos internados en los campos de concentración se les ponía a menudo en libertad si tenían algún lugar donde ir, previa incautación, naturalmente, de todos sus bienes. Mis padres tuvieron suerte: lograron salvar casi todo el mobiliario, bastantes libros y el excelente piano Schiedmayer de cola, que tiene dos años más que yo y en el que hoy sigo tocando.

Incluso en las deplorables condiciones del campo de concentración demostró mi padre sus cualidades, aconsejando y animando a muchos de sus compañeros de infortunio. Uno de ellos dijo una noche que no aguantaba más y que aquel mismo día saltaba la valla; la frase era un eufemismo, sinónimo de suicidio, porque cualquiera que se acercase a la verja podía estar seguro de morir fusilado por la guardia. Mi padre puso cara pensativa, hizo como que recordaba algo y le dijo: «Sabes una cosa, anoche tuve un sueño; soñé que te habían puesto en libertad». El hombre dudó y no saltó la valla. Al día siguiente le liberaron. Mi padre nunca creyó en los sueños; había inventado la historia para retener al compañero desesperado, ganar un día más y aumentar un poco las probabilidades de su liberación. El hecho de que la profecía se cumpliera le dio gran prestigio y le permitió infundir ánimos a los demás.

Cuando llegó a Suecia con mi madre parecía poco cambiado, quizá un poco más delgado. Durante dos semanas



Joseph S. Mitchell, Regins Professor de física en la Universidad de Cambridge. Un médico que utiliza la física en su incansable batalla contra el cáncer. (Dibujo del autor.)

le vi muy ocupado con la máquina de escribir; algunos de los folios que ojeé narraban experiencias espeluznantes. Cuando acabó, me indicó un sobre sellado y me dijo que jamás volvería a hablar del campo de concentración; y nunca lo hizo.

A poco de llegar a Estocolmo mi madre fue atropellada por un niño con un triciclo; cayó al suelo y se rompió la cadera; le colocaron un clavo, pero nunca llegó a restablecerse del todo y tuvo dolores hasta el final de sus días. Mi padre se jubiló en 1948, casi a los setenta años, y entonces se vinieron los dos a vivir conmigo a Cambridge. Aquí le examinaron una tumoración en la mandíbula, que había remitido bajo tratamiento de radiación en Estocolmo, y le diagnosticaron metástasis de cáncer de pulmón. La vieja amiga del hombre, la pulmonía, podría haber acortado sus sufrimientos, pero se la curaron con antibióticos. Poco después le ingresaron en el Hospital Addenbrooke. Siempre le estaré agradecido a Joseph Mitchell, un físico que luego se pasó a la medicina, quien le atendió durante las últimas semanas de su enfermedad, infundiéndole alegría y ahorrándole muchos sufrimientos.

Mi padre conservó la lucidez y el sentido del humor hasta el mismo día de su muerte. Su firme creencia en que no hay vida tras la muerte fue para él una fuente de fortaleza; veía que la fiesta se acababa y que era tiempo de irse. La última anotación de su diario, pocos días antes de morir, decía: «Debo un chelín al barbero», seguido de «Diario interrumpido». Intenté localizar al acreedor, pero el negocio había cambiado de dueño y el nuevo no sabía nada de su antecesor.

Mi madre vivió dos años más, en una residencia de ancianos. La silla de ruedas que yo le encargué nunca aprendió a manejarla, por lo cual solía permanecer sentada y quieta. En la residencia tenía una habitación bastante grande, con espacio para su piano de cola, y le gustaba que yo tocara cuando ella ya no lo podía hacer. Una vez, sin embargo, sí la oí tocar. La convencí para que viniera a visitarme al *College*, donde recluté a cuatro estudiantes para que la subieran, con silla y todo, dos pisos, por unas

escaleras empinadas, hasta mis palaciegas estancias. Un vaso de vino la animó a tocar mi Bechstein vertical, y aunque sus dedos se mostraban débiles e inseguros, consiguió conjurar un poco de su antigua chispa y encanto.

El día que le dije que me iba a casar se lamentó de que ahora perdería a su único hijo, y me pareció desconcertada y poco convencida cuando le aseguré que al contrario, que ahora había ganado una hija. Enseguida se hizo a ella y ambas llegaron a tenerse gran afecto. Poco a poco se fue debilitando su organismo y algunos meses después murió mientras dormía.

Nueve años después se retiró Lise Meitner de la investigación activa en Suecia y compró un piso en Cambridge que nosotros le habíamos ayudado a buscar. A los ochenta y un años seguía plena de vigor, daba conferencias en el extranjero y caminaba por sus queridas montañas austríacas. A los ochenta y siete se recuperó de un ataque al corazón, y un año después de una rotura de cadera a raíz de una caída. Y todavía le cupo el orgullo de recibir el Premio Fermi (compartido con Hahn y Strassmann) en tardío reconocimiento a su colaboración en la fisión del uranio. Luego le fueron fallando lentamente las fuerzas y al final se fue casi imperceptiblemente, pocos días antes de cumplir los noventa, después de sobrevivir a todos sus hermanos y hermanas. Recibió sepultura en un cementerio rural en el sur de Inglaterra, junto a su hermano menor.

Volvamos ahora al laboratorio Cavendish. A Lord Rutherford, tras su repentina muerte en 1937, le había sucedido (Sir) Lawrence Bragg, famoso hijo de un padre igual de famoso. Bragg tenía especial interés en estudiar la estructura de cristales mediante la difracción de rayos X, tras el descubrimiento de ésta por Max von Laue en 1912. Cuando llegó a Cambridge, John D. Bernal había iniciado ya trabajos de este tipo y abordado valientemente moléculas complejas de la materia viviente, como son las proteínas. El primer éxito espectacular fue cuando John Kendrew y Max Perutz desvelaron la estructura de proteínas portadoras de oxígeno, la mioglobina y la hemoglobina, que dan el color rojo a la carne y a la sangre. La ver-

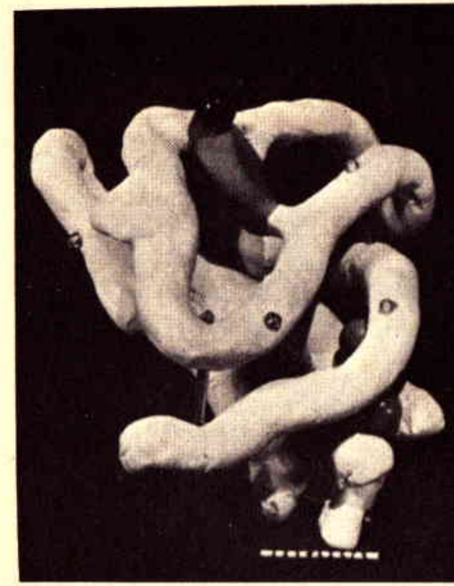
dad es que el primer modelo, aún muy crudo, de la molécula de mioglobina me pareció una auténtica pesadilla de soldador. En el plazo de unos años quedó analizada por completo la disposición de los miles de átomos de estas moléculas complejas.



Lawrence William Bragg (1891-1971). Iniciador del análisis de cristales con rayos X. Director del Laboratorio Cavendish, en Cambridge, de 1938 a 1952. Recibió el título de Sir en 1941.

Por aquella misma época, Francis Crick y James Watson (un visitante de los Estados Unidos) descubrieron la doble hélice de los genes, esas embrolladas madejas en las que están codificadas todas las especificaciones celulares (en el ratón, en el hombre o en cualquier otro organismo), utilizando cuatro letras en grupos de tres. Este descubrimiento, que fue quizá el progreso más grande habido en biología desde la idea de Darwin de la selección natural, ocurrió, como quien dice, bajo mis propias narices; pero la verdad es que yo no entendía por entonces lo que se cocía allí.

El análisis de esas moléculas complejas precisaba de cálculos muy complicados que habrían sido impensables sin los computadores electrónicos. Desde donde yo trabajaba



El primer modelo, todavía muy grosero, de la enrevesada cadena proteínica de la molécula de mioglobina, producto de los primeros trabajos de John Kendrew (1917). Kendrew recibió el título de Sir en 1974.

no tenía más que cruzar el patio para llegar al laboratorio matemático donde Maurice Wilkes dirigía la construcción del primer computador electrónico de Inglaterra: una habitación llena de miles y miles de válvulas de radio montadas en paneles verticales y conectadas con cables que corrían en todas las direcciones, como si por allí hubiese pasado un ejército de arañas. Intenté comprender cómo funcionaba y me encantó enterarme de trucos que no conocía, como el de utilizar el mismo grupo de válvulas

para almacenar, ora un número, ora una instrucción. Un día me encontré por casualidad con John von Neumann en el tren de Londres y le empecé a hablar sobre las ventajas y excelencias de nuestro EDSAC (Electronic Digital Sequential Automatic Calculator = calculadora automática secuencial digital electrónica). Von Neumann, parándome los pies, me dijo: «Mira, Otto, esos trucos son todos cono-



Max Perutz, científico de origen austriaco, construyendo un modelo detallado de la molécula de hemoglobina. Las barras verticales sostienen los «átomos». Perutz compartió el Premio Nobel con John Kendrew en 1962 y recibió el título de Companion of Honour en 1976.

cidos. El EDSAC tiene una sola ventaja y es que funciona». Me sentí algo desilusionado, pero también contento de oír de labios del maestro que lo que estábamos

haciendo en Cambridge no estaba tan mal a fin de cuentas.

Una máquina de igual potencia cabe hoy día en el bolsillo. En la actualidad se habla y oye mucho de computadores, pero estoy convencido de que casi nadie comprende ni de lejos su plena importancia. Dentro de doscientos años los historiadores dirán que el computador cambió tanto (o más) el mundo como la máquina de vapor hace otros doscientos.

Otro acontecimiento relacionado con los computadores, que también tuve ocasión de presenciar, fue el nacimiento y evolución de una disciplina enteramente nueva: la radioastronomía. Al igual que el método del tiempo de vuelo que mencioné antes, la radioastronomía es un subproducto del radar. Los científicos habían notado que las señales de radar contenían más ruido cuando la antena apuntaba hacia el sol que en otras direcciones, y se había observado que ciertos puntos del cielo también emitían ondas de radio débiles e irregulares pese a que el telescopio óptimo no revelaba allí nada.

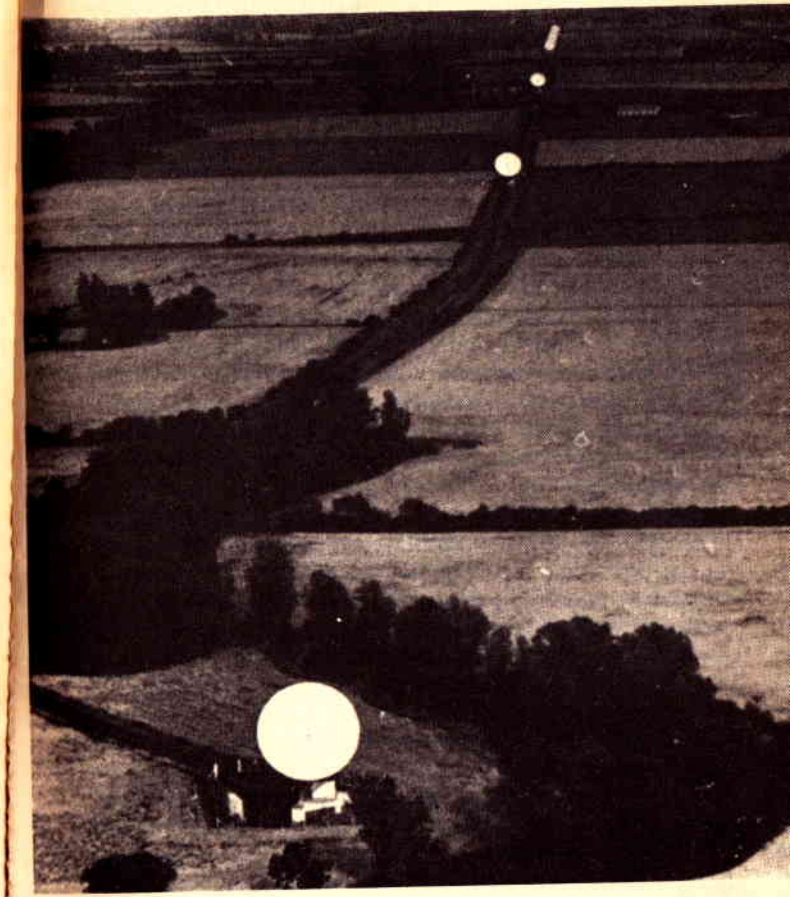
Un «plato» de radar corriente (un reflector cóncavo de unos diez pies de diámetro) no era suficientemente sensible ni resolvía los detalles finos. El progreso vino por dos caminos. Por iniciativa de (Sir) Bernard Lovell se construyó en Jodrell Bank, cerca de Manchester, un reflector de radar gigantesco (250 pies de diámetro), un instrumento versátil que podía dirigirse hacia cualquier punto del cielo. En Cambridge se puso en práctica un segundo método, más barato pero más sutil, gracias a la iniciativa e ingenio de Martin Ryle. Poco después de la guerra montó Ryle varios reflectores de radar pequeños que, conectados entre sí, daban un poder de resolución equivalente al de uno mucho más grande. Con ese radiotelescopio se podía escrutar palmo a palmo una zona celeste; la rotación de la tierra permitía «barrer» la zona elegida y con ayuda de computadores electrónicos se combinaban luego matemáticamente las mediciones hechas a lo largo de muchos días. Más tarde se perfeccionó el sistema, con el fin de poder seguir un pequeño punto en el cielo y dibujar con

gran detalle su radiointensidad; esta técnica perfeccionada se utiliza hoy día cada vez más en todo el mundo.



Martin Ryle, cuya iniciativa y poder de invención contribuyeron grandemente a crear la nueva ciencia de la radioastronomía en los años cincuenta. Recibió el título de Sir en 1966 y compartió el Premio Nobel de 1975 con Anthony Hewish. (Fotografía de Walter Leigh.)

Los continuos rastreos del radiocielo han revelado multitud de objetos nuevos; por ejemplo, chorros de un millón de años-luz de longitud y estrellas rotatorias tan pesadas como el Sol pero que sólo tienen unos cuantos kilómetros de diámetro; un mundo completamente nuevo del que los telescopios ópticos no nos habían dicho nada. Lo más impresionante, sin embargo, es la increíble sensibilidad de estas gigantescas instalaciones. Cuando se inauguró el observatorio radioastronómico Mullard en 1958, cada invitado halló sobre su plato una pequeña tarjeta blanca que decía al dorso: «En dar la vuelta a esta tarjeta ha consumido usted más energía que la que, desde los inicios, han captado todos los radiotelescopios del mundo desde el espacio exterior».



El radiotelescopio de Cambridge (5 km de longitud) construido en 1972. Combinando en un computador las señales de los ocho reflectores se puede conseguir una resolución angular (es decir, un detalle de medición) equivalente al que se conseguiría con un reflector de 5 km de diámetro. Es el primer radiotelescopio que consigue un poder de resolución superior al de los grandes telescopios ópticos instalados en emplazamientos óptimos.

El ingenio de Martin Ryle y su habilidad para organizar tal empresa se vieron recompensados con el título de Sir en 1966; y en 1974 compartió el Premio Nobel con Anthony Hewish, un miembro de su equipo que en 1967 descubrió el significado de ciertos impulsos increíblemente regulares que procedían de una sola radiofuente. Durante algunas semanas mantuvieron la observación en estricto secreto, por temor a la tormenta de titulares sensacionalistas (¡Vida inteligente extraterrestre descubierta por los científicos de Cambridge!). Hoy día se piensa que estos púlsares (de los cuales se han hallado varias docenas más) son estrellas colapsadas compuestas principalmente de neutrones; o si así lo preferimos, núcleos gigantes de varios kilómetros de tamaño, unidos por la gravedad, que giran rápidamente y que dispersan un haz de ondas de radio por todo el cielo varias veces por segundo. Hoy día se ha logrado explicar muchas de las características de estos faros cósmicos.

Una espléndida prueba de la unidad de la física es que el estudio de ciertas estrellas raras nos ha enseñado muchas cosas sobre una materia tan densa como los núcleos atómicos; los radiotelescopios, que miran al espacio, complementan así la labor de los gigantescos aceleradores, esos microscopios que nos permiten mirar dentro de los núcleos.

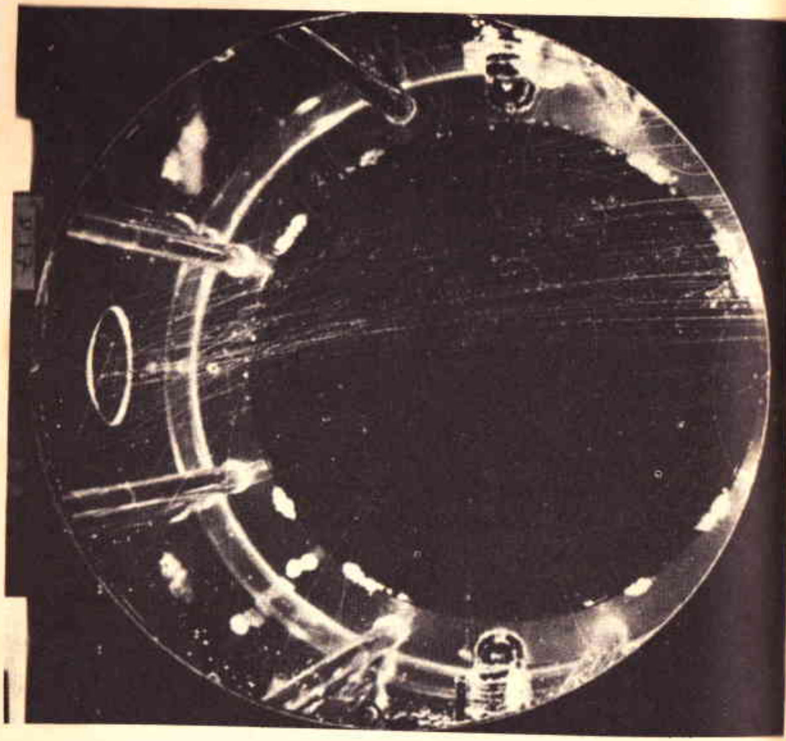
Y así volvemos a la física nuclear, la asignatura del departamento que tenía que dirigir cuando me llamaron a Cambridge. El trabajo que se estaba realizando allí era de gran calidad, y yo seguí fiel a mi naturaleza. La única aventura que merece la pena recordar de aquella época fue cuando le sugerí a un estudiante nuevo que midiera el spin y el momento magnético de ciertos núcleos radiactivos mediante haces moleculares, un método que yo conocía de Hamburgo. La verdad es que el estudiante, que no era otro que Ken Smith, cuyo altavoz me había exasperado en Harwell al meter música a todo tren por la chimenea, nunca necesitó que le echara una mano. En 1952 consiguió medir el spin del bismuto 210 (conocido en los viejos tiempos por el nombre de radio E), junto con

Henry Bellamy; y cuando fuimos al congreso de física de Glasgow, nuestro resultado (obtenido en el último minuto) fue recibido con júbilo y anunciado a bombo y platillo por Chien Shiung Wu (conocida por «Miss Triple U» entre sus amigos), que dijo le venía como anillo al dedo para la teoría de la desintegración beta del radio E. Tanto Bellamy como Smith fueron profesores poco después, y desde entonces se dejaron de utilizar los haces moleculares en el laboratorio de Cambridge.

En aquel congreso oí por primera vez un informe acerca de una posible herramienta nueva de investigación, destinada a sustituir a las cámaras de niebla de Wilson, que por aquella época se construían con paredes cada vez más gruesas y se llenaban con gas a presiones cada vez mayores para aumentar así la probabilidad de que una partícula de alta energía chocara contra un núcleo en la cámara y formara partículas secundarias cuyas trazas mereciera la pena estudiar. Estas cámaras monstruosas, con paredes de varios centímetros, me recordaban a los grandes reptiles del Jurásico, suplantados posteriormente por criaturas más versátiles como los mamíferos y las aves.

La nueva criatura, la cámara de burbujas, la inventó Don Glaser, quien pensó que en lugar de observar trazas de gotitas en un gas subenfriado (como había hecho C.T.R. Wilson cuarenta años antes), uno podía observar trazas de burbujas en un líquido sobrecalentado. Su primera fotografía, que presentó en el congreso de Glasgow, era bastante tosca: una fila de unas doce burbujas en una cámara del tamaño de un dedal, parecidas a las gotitas que se ven en un vaso de cerveza (idea que, según nos contó él mismo, no había sido suya). Pero así y todo, aquello demostraba que el principio era válido.

Tres años más tarde volví a encontrarme con Don Glaser en la Universidad de Ann Arbor (cerca de Detroit); hicimos música juntos (él tocaba la viola) y hablamos sobre las cámaras de burbujas, que entretanto habían alcanzado un tamaño de varias pulgadas, mientras que otras mayores estaban ya en construcción. Así como las cámaras de niebla necesitaban minutos para recuperarse después de



Una de las primeras fotografías de una cámara de burbujas; se observan gran cantidad de electrones rápidos que entran por la ventana inferior y son desviados por un campo magnético. Su velocidad es inversamente proporcional a la curvatura de la traza; las espirales son partículas que han perdido velocidad. A través de la placa de vidrio superior se puede ver la inferior (ambas circulares) y los pernos que las unen.

cada expansión, las de burbujas podían funcionar al ritmo de una fotografía por segundo o más; un progreso parecido al de los aceleradores, que habían pasado la marca de los 1.000 MeV y eran capaces de emitir pequeños chorros de partículas rápidas cada pocos segundos. Además era muy probable que todas y cada una de las fotografías captaran una colisión, con trazas secundarias cuya medición

requería tradicionalmente una hora o más. Glaser me señaló, efectivamente, que a menos que se idearan rápidamente métodos semiautomáticos de medida, se produciría en este punto un gravísimo cuello de botella.

El reto estaba ni que hecho a mi medida. De vuelta a Cambridge hice una llamada telefónica que me aseguró el permiso para dedicar una beca, destinada en origen al perfeccionamiento de un ciclotrón, al desarrollo de un dispositivo para medir trazas. Alan Oxley, un joven graduado en ingeniería, diseñó y construyó la parte electrónica, y al cabo de un año teníamos ya un prototipo que valía para investigar. En Suiza, California y otros lugares se construyeron máquinas similares. La película con las imágenes de las trazas se proyecta sobre una pantalla que lleva una cruz en el centro; el operador mueve el carro de la película de manera que los sucesivos puntos de cada traza coincidan con la cruz, apretando cada vez un botón que hace que la posición del carro quede codificada en cinta. El empleo de dos o más películas que muestren la cámara desde ángulos diferentes proporciona información en tres dimensiones, una vez pasada la cinta a un computador; el programa hace que la máquina reconstruya espacialmente las trazas, calcula ángulos y curvaturas e incluso ensaya varias interpretaciones de la colisión registrada.

Después probamos varias maneras de mejorar la velocidad y la precisión; si un experto es aquél que ha cometido todos los errores concebibles, entonces yo logré ser un experto en este campo. Uno de los prototipos, excesivamente ambicioso, lo desechamos el mismo día de terminarlo, porque calculamos que habría llevado demasiado tiempo escribir los programas de computador, que eran muy complejos. Mientras lo estábamos construyendo se me había ocurrido además un modelo superior, más automático y mucho más rápido. Para que esa máquina llegase a nacer —que llegó— hizo falta mucha suerte.

El primer golpe de fortuna fue que nos negaron una beca estatal que nos habría obligado a abandonar el proyecto y comprar una máquina ya hecha. ¡Qué contento me puse cuando me enteré de la noticia! Un pequeño lá-

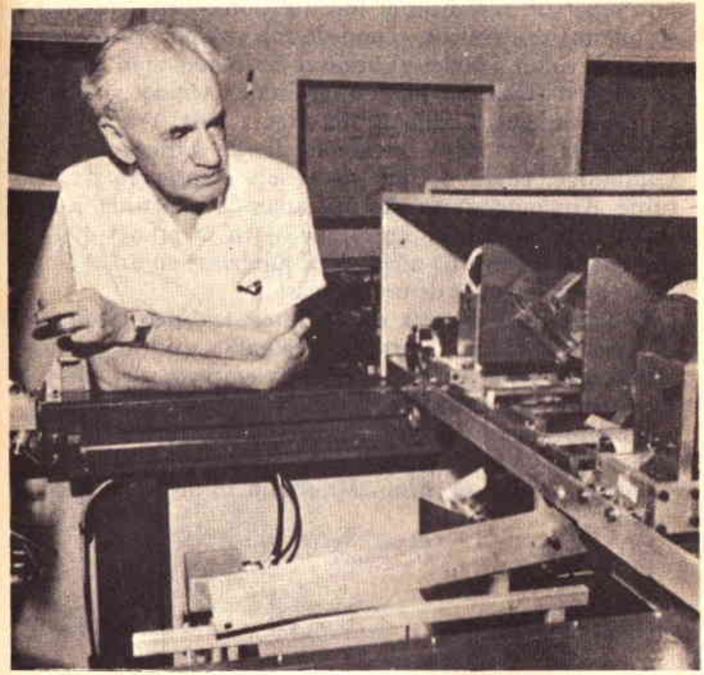
ser, adquirido hacía poco para las clases de prácticas, me resolvió dos problemas, pese a que muchas veces no quería empezar a funcionar hasta que le tocaba varias veces con un peine que previamente había electrizado pasándomelo por el pelo. Hoy día uno enciende y apaga estos pequeños láseres como si fuesen lámparas de mesilla, aparte de que son más baratos, más pequeños y más potentes.

También fue suerte el que John Rushbrooke, el decano de mi grupo, tuviera fe en mi idea y convenciera a nuestro jefe (que recibió el título de Sir en 1962 y el Premio Nobel en 1977 por sus trabajos sobre la estructura de la materia sólida) para que sangrara una de sus becas especiales y comprara un pequeño computador que sirviera de cerebro en mi máquina. Por «pequeño» se entendía entonces del tamaño de un guardarropas y 10.000 libras de precio. Localizamos también a un joven matemático, Julian Davies, que escribió los programas, corrigiendo y ampliando considerablemente el esbozo que yo había escrito durante unas vacaciones en Devon.

Otro golpe de suerte, éste muy grande, fue la llegada de Gaham Street, un estudiante de investigación que desde el principio mostró una inventiva fuera de lo común. Sin su gran habilidad e intuición, su incansable actividad y su entusiasmo a prueba de bombas, es probable que mi complicado esquema nunca hubiera llegado a nada.

Un último golpe de fortuna fue la intervención de mi viejo amigo Lew Kowarski; por iniciativa suya se había elaborado un tipo de máquina muy distinto para medir trazas en el CERN, en Ginebra; pero le gustó el mío y lo incluyó en la siguiente conferencia internacional sobre técnicas de medición nuclear que se celebró en Cambridge en 1970. De todas las partes del mundo vinieron físicos de altas energías que miraron y remiraron nuestro SWEEPNIK (el mote de la máquina, porque barre [*sweeps*, en inglés] información como un Sputnik); ¡y el caso es que la habíamos hecho funcionar por primera vez la noche antes del congreso! Helsinki y Honolulu se interesaron en comprar una, y John Rushbrooke se ocupó de establecer

los contactos pertinentes para conseguir capital y fundar el negocio; como miembro más viejo, me nombraron presidente y sigo siéndolo.



El autor con su máquina SWEEPNIK para medir trazas en la cámara de burbujas; laboratorio Cavendish, Cambridge, 1971.

En general gozo todavía de buena salud. Durante un invierno muy duro en la Universidad Cornell (en el estado de Nueva York) contraje una infección de oídos que me dejó parcialmente sordo; pero también me afectó al órgano del equilibrio, justo lo suficiente para que ya no me maree en los barcos. Unas cataratas en ambos ojos me las operaron con pleno éxito, y con las lentes de contacto veo

muy bien. La causa fue probablemente la exposición a los neutrones durante el trabajo con la bomba A; algunos quizá piensen que me merecía mayor castigo.

Muchos de los estudiantes a quienes en un momento u otro supervisé su trabajo de investigación ocupan entretanto puestos académicos, y uno de mis mayores placeres al viajar es volver a verles y curiosear en lo que están haciendo, sea en Suiza, en Israel o en Estados Unidos; muchos de ellos vinieron a celebrar mis setenta años. Y a eso iba: mi madre, en sabia previsión de las ordenanzas de Cambridge, cuidó de que yo naciera el primero de octubre, dándome así un año más antes de jubilarme, al final del año académico en el que —¡en su primer día!— llegué a la edad de 67 años. ¡Y al jubilarme en un año bisiesto pude disfrutar de un día más!

Durante toda mi vida me ha interesado más el diseño de aparatos científicos que los resultados que yo u otros pudiesen obtener con su ayuda. La empresa que fundamos para comercializar el SWEEPNIK sigue creciendo y me permite hacer lo que más me gusta. Gran parte del trabajo lo puedo hacer en casa, y lo interrumpo cuando quiero para tocar el piano. Me considero un hombre con suerte.

Bibliografía adicional

M. Born: *My Life and Views* (Charles Scribner's Sons, 1968).
P. C. W. Davies: *Space and Time in the Modern Universe* (Cambridge University Press, 1977).
O. R. Frisch: *The Nature of Matter* (Thames and Hudson, 1972).
B. Hoffman: *Albert Einstein, Creator and Rebel* (Hart-Davis, MacGibbon, 1972).
K. Mendelssohn: *The World of Walther Nernst* (Macmillan, 1973).
S. Rozental (ed.): *Niels Bohr: His Life and Work* (North-Holland Publishing Co., 1967).
V. F. Weisskopf: *Knowledge and Wonder* (Heinemann Educational, 1964).

Agradecimientos

Los recuerdos vertidos en este libro proceden casi todos ellos de la memoria del autor. El número de personas que me han ayudado a completar estas reminiscencias y corregir algo de la niebla que las envolvía, son tan numerosas que no hubiese podido mencionarlas a todas aun en el caso de que mi memoria no me fallara. Y, como una mención no exhaustiva sería injusta, les doy desde aquí las gracias a todos ellos.

Un agradecimiento especial se lo debo a Giles de la Mare y a Charles Lang, que me dieron útiles consejos acerca de cómo mejorar y ampliar el borrador original, así como a Judy Lowe, que siempre de excelente humor, mecanografió y volvió a mecanografiar mi desastrado manuscrito hasta dejarlo en perfectas condiciones para la imprenta.

El autor y el editor desean expresar su agradecimiento a las siguientes personas o entidades por el permiso de reproducción de las ilustraciones.

2: Fotografía de Lotte Meitner-Graf. 5: The Cavendish Laboratory, Cambridge. 6: AIP Niels Bohr Library, Bainbridge Collection. 9: Fotografía de Lotte Meitner-Graf. 22: Harold Agnew. 23: Fotografía de Lotte Meitner-Graf. 24: The Niels Bohr Institute, Copenhague. 28: Hanne Zapp-Berhäuser, fotógrafa. 29: Dennis Bracher. 30: United Kingdom Atomic Energy Authority. 33: Los Alamos Scientific Laboratory. 34: Fotografía de N. Metropolis. 36: CERN. 38: Dibujo de Martyl. Cortesía del *Bulletin of the Atomic Scientists*. Copyright 1957 by the Educational Foundation for Nuclear Science. 39: Los Alamos Scientific Laboratory. 41: United States Information Service. 43: Royal Signals Radar Establishment. 45: Copyright *The Daily Telegraph*. 49: Fotografía de Lotte Meitner-Graf. 50: Fotografía de Edward Leigh. 51: *The Times*. 52: Fotografía de Edward Leigh. 53: British Insulated Callender's Cables Ltd. Copyright BICC. 54: CERN.

Indice